



# Využití usňového odpadu

## Diplomová práce

*Studijní program:*

N0723A270003 Průmyslové inženýrství

*Autor práce:*

**Bc. Adéla Hamplová**

*Vedoucí práce:*

Ing. Hana Pařilová, Ph.D.

Katedra hodnocení textilií

*Konzultant práce:*

prof. Ing. Jakub Wiener, Ph.D.

Katedra materiálového inženýrství





## **Zadání diplomové práce**

# **Využití usňového odpadu**

*Jméno a příjmení:* **Bc. Adéla Hamplová**  
*Osobní číslo:* **T19000072**  
*Studijní program:* **N0723A270003 Průmyslové inženýrství**  
*Zadávající katedra:* **Katedra hodnocení textilií**  
*Akademický rok:* **2019/2020**

### **Zásady pro vypracování:**

1. Teoreticky zpracujte vše o usních a jejich zpracování s přihlédnutím na vznik odpadu
2. Navrhněte způsob rozvolňování kolagenových vláken ze zbytků usní
3. Navrhněte nové zpracování kolagenových vláken v konečný výrobek
4. Otestujte vybrané vlastnosti nového výrobku vzhledem k dalšímu použití

*Rozsah grafických prací:*  
*Rozsah pracovní zprávy:*  
*Forma zpracování práce:*  
*Jazyk práce:*

50 – 60 normostran  
tištěná/elektronická  
Čeština



### **Seznam odborné literatury:**

HAVIAR, Š., PAŘILOVÁ, H., KUBÁT L., KANČIOVÁ L. *Textilní zbožíznalství – kůže, usně, kožešiny a kožené výrobky*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2006. 82 s.  
ISBN 80-7372-144-9  
ČSN EN ISO 15987. *Usně – Terminologie – Základní definice pro obchod s usněmi*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.

*Vedoucí práce:*

Ing. Hana Pařilová, Ph.D.  
Katedra hodnocení textilií

*Konzultant práce:*

prof. Ing. Jakub Wiener, Ph.D.  
Katedra materiálového inženýrství

*Datum zadání práce:*

29. října 2019

*Předpokládaný termín odevzdání:*

28. května 2021

L.S.

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

Ing. Pavla Těšinová, Ph.D.  
vedoucí katedry

## Prohlášení

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

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

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

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

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

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

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

18. května 2021

Bc. Adéla Hamplová

## **Poděkování**

Mé poděkování patří především Ing. Haně Pařilové, Ph.D. při vedení diplomové práce, za její profesionální přístup, cenné rady, připomínky, ochotu a vstřícnost. Velké poděkování patří také prof. Ing. Jakubovi Wienerovi, Ph.D. za odbornou pomoc, zájem a čas. Poděkování patří Ing. Lucii Heligar Svobodové, Ph.D., která zajistila a zprostředkovala experimentální vzorky ve spolupráci s firmou BOS Automotive Products, s.r.o. Zároveň děkuji celé své rodině za podporu a trpělivost po celou dobu studia.

## **Anotace**

Diplomová práce řeší problém s neefektivním nakládáním usňového odpadu. Cílem diplomové práce je proto najít vhodné uplatnění usňového odpadu, konkrétně z automobilového průmyslu. V rámci diplomové práce byla zahájena spolupráce s firmou BOS Automotive Products, s.r.o., která poskytla vzorky usňového odpadu pro experimentální část práce. Součástí práce je najít vhodnou metodu rozmělnění zbytků z kůže, následně z rozvolněné kůže vytvořit vzorky, na které je třeba nanést různé koncentrace dvou vybraných pojiv. Pojiva budou zvolena tak, aby výsledným vzorkům dodávala patřičné vlastnosti. Finální vzorky budou podléhat testování vybranými zkouškami. Na základě vyhodnocení vlastností bude určen směr využití nového produktu.

## **Klíčová slova**

Useň, usňový odpad, recyklace, tepelná vodivost, paropropustnost, prodyšnost, pevnost, odolnost v oděru

## **Abstract**

The diploma thesis is dealing the problem of inefficient disposal of leather waste. Therefore the aim of the diploma thesis is to find a suitable use of leather waste, specifically from automotive industry. As part of the diploma thesis was started the cooperation with company BOS Automotive Products, s.r.o., which provided samples of leather waste for experimental part of the work. Part of the diploma thesis work is to find a suitable method of grinding leather waste, then create samples from that mixture. It was necessary to apply different concentrations of two selected binders to those samples. The binders will be chosen so that they would give the appropriate properties. The final samples will be tested by selected tests. Based on the evaluation of properties will be the direction of use of the new product determined.

## **Keywords**

Leather, leather waste, recycling, thermal conductivity, vapor permeability, breathability, strength, abrasion resistance.

## Obsah

|                                                                      |           |
|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Seznam obrázků .....</b>                                          | <b>9</b>  |
| <b>Seznam tabulek .....</b>                                          | <b>10</b> |
| <b>Seznam použitých zkratek .....</b>                                | <b>10</b> |
| <b>Úvod .....</b>                                                    | <b>11</b> |
| <b>Teoretická část .....</b>                                         | <b>12</b> |
| <b>1. Problematika kůží .....</b>                                    | <b>12</b> |
| <b>2. Koželužské zpracování.....</b>                                 | <b>14</b> |
| 2.1. Vlastnosti kůže.....                                            | 17        |
| <b>3. Kůže v automobilovém průmyslu .....</b>                        | <b>19</b> |
| 3.1. Firma BOS Automotive Products CZ, s.r.o. ....                   | 20        |
| <b>4. Odpad z kůže.....</b>                                          | <b>21</b> |
| 4.1. Současné zpracování odpadů z kůže.....                          | 22        |
| 4.2. Dopad koželužského průmyslu na životní prostředí.....           | 27        |
| 4.3. Možnosti zpracování odpadu .....                                | 27        |
| <b>Experimentální část .....</b>                                     | <b>30</b> |
| <b>5. Vlastní návrh zpracování odpadu, vývoj produktu .....</b>      | <b>30</b> |
| 5.1. Postup zpracování výsledné vrstvy.....                          | 30        |
| 5.2. Metody rozmělnění kůže .....                                    | 32        |
| 5.3. Volba vhodného pojiva.....                                      | 38        |
| 5.4. Vytváření výsledné vrstvy a nanášení pojiv .....                | 40        |
| 5.4.1. Předběžné experimenty.....                                    | 40        |
| 5.4.1. Finální postup přípravy rozmělněné kůže.....                  | 54        |
| <b>6. Testování vlastností výsledného produktu .....</b>             | <b>64</b> |
| 6.1. Hodnocení tepelné vodivosti $\lambda$ [W/(m.K)] .....           | 65        |
| 6.2. Hodnocení paropropustnosti $R_{et}$ [Pa.m <sup>2</sup> /W]..... | 68        |

|                                                                       |           |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------|
| 6.3. Hodnocení prodyšnosti [mm/s].....                                | 70        |
| 6.4. Hodnocení pevnosti v tahu F [N].....                             | 72        |
| 6.5. Hodnocení odolnosti v oděru.....                                 | 75        |
| <b>7. Finální hodnocení jednotlivých vzorků a jejich využití.....</b> | <b>78</b> |
| <b>8. Ekonomické zhodnocení .....</b>                                 | <b>84</b> |
| <b>Závěr .....</b>                                                    | <b>85</b> |
| <b>Seznam použité literatury .....</b>                                | <b>87</b> |

## Seznam obrázků

|                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Obr. 1 Průřez surovou kůží a legenda k obrázku [1, str. 13] .....                                     | 13 |
| Obr. 2 Jednotlivé části koželužských kůží a legenda k obrázku [1, str. 19] .....                      | 15 |
| Obr. 3 Odřezky kůže .....                                                                             | 22 |
| Obr. 4 Schéma postupu vytváření finálního produktu .....                                              | 31 |
| Obr. 5 Rozvolněná kůže mixérem: (a) s nerozmixovanými kusy, (b) po odstranění velkých kusů .....      | 32 |
| Obr. 6 Použití úhlové brusky (brusný povrch) .....                                                    | 33 |
| Obr. 7 Použití úhlové brusky (ocelový kartáč) .....                                                   | 34 |
| Obr. 8 Odpad z kůže rozmělněný struhadlem .....                                                       | 35 |
| Obr. 9 Elektronová mikroskopie – řez, různá zvětšení (viz a, b, c) .....                              | 35 |
| Obr. 10 Elektronová mikroskopie – poškozená vlákna, různá zvětšení (viz a, b, c) .....                | 36 |
| Obr. 11 Výchozí rozvolněná směs z kůže .....                                                          | 36 |
| Obr. 12 Elektronová mikroskopie – rozvolněná vlákna kůže .....                                        | 37 |
| Obr. 13 Elektronová mikroskopie – rozvolněná kůže .....                                               | 37 |
| Obr. 14 Porovnání pojiv .....                                                                         | 40 |
| Obr. 15 Vytvořená síta k experimentální práci .....                                                   | 41 |
| Obr. 16 Vzorek s nejvyšší koncentrací rozmělněné směsi z kůže .....                                   | 42 |
| Obr. 17 Hodnocení smáčivosti pojiva naneseného z jedné strany vzorku (kasein a amoniak) .....         | 44 |
| Obr. 18 Hodnocení smáčivosti pojiva naneseného z jedné strany vzorku (kasein a kyselina octová) ..... | 45 |
| Obr. 19 Hodnocení pojiv .....                                                                         | 46 |
| Obr. 20 Vzorek připravený k sušení .....                                                              | 56 |
| Obr. 21 Výsledné vzorky s různými koncentracemi pojiva kožního klišu s vodou .....                    | 58 |
| Obr. 22 Výsledný vzorek s pojivem kožní kliš s vodou (koncentrace 1:50) .....                         | 59 |
| Obr. 23 Výsledné vzorky s různými koncentracemi pojiva Acronal LA471S s vodou ..                      | 62 |
| Obr. 24 Vzorek sloužící k testování bez pojiva .....                                                  | 62 |
| Obr. 25 Porovnání průměrných hodnot tepelné vodivosti jednotlivých vzorků .....                       | 66 |
| Obr. 26 Porovnání průměrných hodnot paropropustnosti jednotlivých vzorků .....                        | 69 |
| Obr. 27 Porovnání prodyšnosti jednotlivých vzorků .....                                               | 72 |
| Obr. 28 Porovnání průměrných hodnot pevnosti jednotlivých vzorků .....                                | 74 |
| Obr. 29 Porovnání hmotnostních úbytků jednotlivých vzorků .....                                       | 77 |

|                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------|----|
| Obr. 30 Elektronová mikroskopie – vzorek kožní kliš 1:15..... | 79 |
|---------------------------------------------------------------|----|

## Seznam tabulek

|                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tab. 1 Různé druhy pojiv, jejich koncentrace a postup smíchání .....                                | 46 |
| Tab. 2 Chování vzorků ve vodě a po vyndání z vody.....                                              | 48 |
| Tab. 3 Různé koncentrace zvolených pojiv – kožní kliš a disperzní lepidlo .....                     | 49 |
| Tab. 4 Upořádané koncentrace kožního klišu s vodou.....                                             | 49 |
| Tab. 5 Upořádané koncentrace disperzního lepidla Planatol Elasta N s vodou .....                    | 50 |
| Tab. 6 Koncentrace disperzního lepidla AKRYLEP 545x1 .....                                          | 51 |
| Tab. 7 Různé koncentrace pojiva Collano DP 7011 .....                                               | 52 |
| Tab. 8 Různé koncentrace pojiva Acronal LA471S .....                                                | 52 |
| Tab. 9 Chování vzorků ve vodě .....                                                                 | 53 |
| Tab. 10 Různé koncentrace kožního klišu s vodou nanášené na finální vzorky .....                    | 55 |
| Tab. 11 Procentuální podíl sušiny naneseného pojiva a plošná hmotnost vzorků (kožní kliš).....      | 57 |
| Tab. 12 Procentuální podíl sušiny naneseného pojiva a plošná hmotnost vzorků (kožní kliš 1:50)..... | 59 |
| Tab. 13 Procentuální podíl sušiny naneseného pojiva a plošná hmotnost vzorků (Acronal LA471S) ..... | 61 |
| Tab. 14 Naměřené hodnoty tepelné vodivosti $\lambda$ (W/(m.K)) .....                                | 66 |
| Tab. 15 Naměřené hodnoty tloušťky jednotlivých vzorků .....                                         | 67 |
| Tab. 16 Naměřené hodnoty paropropustnosti Ret (Pa.m <sup>2</sup> /W) .....                          | 69 |
| Tab. 17 Naměřené hodnoty prodyšnosti (mm/s) .....                                                   | 71 |
| Tab. 18 Naměřené hodnoty pevnosti F (N) .....                                                       | 73 |
| Tab. 19 Naměřené hodnoty odolnosti v oděru.....                                                     | 76 |

## Seznam použitých zkratk

|                                                 |                     |
|-------------------------------------------------|---------------------|
| Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> | Síran hlinitý       |
| Cr <sup>3+</sup>                                | Trojmocný chrom     |
| Cr <sup>6+</sup>                                | Šestimocný chrom    |
| měř.                                            | Měření              |
| Sm. odch.                                       | Směrodatná odchylka |

## Úvod

Během průběhu technologického procesu v kožedělném průmyslu produkuje nespočet velkých i malých firem značné množství usňových odpadů. V současné době se využití usňového odpadu nevěnuje velká pozornost. Bohužel tento problém přetrvává od začátku vzniku průmyslového odvětví zaměřeného na kožené výrobky. Nejen firma BOS, ale i ostatní firmy automobilového průmyslu řeší otázku, jak by bylo možné využít usňové odpady, aby přinášely další zisk nebo by byl odpad alespoň minimalizován.

Cílem diplomové práce je návrh a výroba produktu z usňového odpadu. Produkt by se měl svými vlastnostmi co nejvíce přibližovat pravé kůži. V rámci diplomové práce byla zahájena spolupráce s firmou BOS Automotive Products, s.r.o. Touto firmou byly poskytnuty vzorky pro experimentální část práce.

Teoretická část práce obsahuje tematicky zaměřenou rešerši. Rešerše je složená z dostupných zdrojů, odborných článků, webových stránek, norem a také z kvalifikačních prací, zabývajících se stejnou či podobnou problematikou. Kapitoly jsou utvořeny na základě několika bodů zadání diplomové práce. Rešerše se zabývá problematikou kůže, jejím zpracováním, zpracováním odpadů kůže atp. Další informace o možných pojivech a testovacích zařízeních, na kterých bude provedeno testování, jsou součástí důležitých kapitol teoretické části.

Předpokladem diplomové práce je, že výsledný produkt neboli vytvořená vrstva z usňového odpadu bude mít přírodní strukturu přibližující se samotné usni. Úkolem diplomové práce je najít vhodný způsob rozmělnění odpadu z kůže, vytvořit vrstvu z rozmělněné směsi z kůže a najít vhodné pojivo, které výslednou vrstvu náležitě zpevní. Snahou práce je, aby se vlastnosti výsledného produktu co nejvíce podobaly vlastnostem samotné usně. Z tohoto důvodu budou testovány vybrané vlastnosti. Na základě provedeného testování vybranými zkouškami bude moci být zhotovený výrobek porovnán s výrobky z pravé kůže. V závěru diplomové práce je zhodnocení využití zhotoveného výrobku.

# Teoretická část

## 1. Problematika kůží

Nejprve je třeba vysvětlit pojmy kůže a useň a rozdíl mezi nimi.

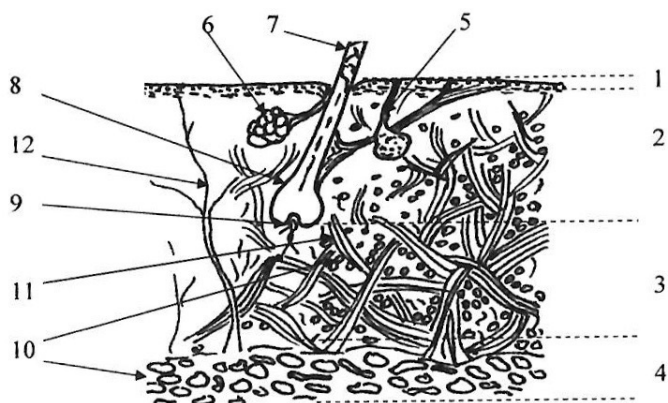
Kůže je povrch těla obratlovce a slouží k výrobě usně. Slovem „kůže“, které se obvykle nesprávně používá, se míní i materiál zvaný useň, který z kůže vzniká jejím zpracováním. Materiál zvaný useň je tedy výsledkem vyčinění neboli zpracování kůže.

[1] V diplomové práci je třeba užívat stejné terminologie, a proto se bude používat slovo kůže, jak je běžně známo.

Kůže se zpracovává již několik tisíc let. Považuje se za jedno z nejstarších řemesel na Zemi. Doby, kdy byla kůže využívána především jako část oděvu už je pryč. Kůže se v dnešní době využívá v několika odvětvích a je pro mnoho oborů velmi řešené téma. V důsledku volného obchodování dosáhl vývoz kůže značný podíl v obchodování a přispěl k národní ekonomice. Přestože kožedělný průmysl přispívá k rozvoji hospodářství, má nepříznivý dopad na životní prostředí. [2] Existují zde ale i odpůrci a kritici, kteří nesouhlasí se zpracováním kůží jakoukoliv formou.

Kůže prochází od stažení z obratlovce několika po sobě jdoucími operacemi, jejichž výsledkem je vyčiněná useň. Kůže je tedy povrch těla obratlovce a slouží k výrobě usně. Useň je poté výsledkem vyčinění neboli zpracované kůže.

Z hlediska histologie se dá nezpracovaná kůže rozdělit na jednotlivé části, viz následující obr. č. 1.



- |                                          |                                       |
|------------------------------------------|---------------------------------------|
| 1- pokožka                               | 8- vlasová cibulka                    |
| 2- škára - papilární část (lící část)    | 9- papila s cévkami a nervy           |
| 3- škára - retikulární část (rubní část) | 10- tukové buňky                      |
| 4- podkožní vazivo                       | 11- kožní pletivo - kolagenová vlákna |
| 5- potní žláza                           | 12- krevní žilky                      |
| 6- mazová žláza                          |                                       |
| 7- chlup (vlas)                          |                                       |

**Obr. 1** Průřez surovou kůží a legenda k obrázku [1, str. 13]

Diplomová práce se zabývá odpadem z kůže. Důsledkem postupného zpracování kůže na useň, nejsou v usních tuky ani chlupy, ale převážně kolagenová vlákna a činící prostředky, které byly dodány v průběhu výroby kůže na useň. Kolagenová vlákna budou po celou dobu předmětem této diplomové práce.

## Zpracování kůže

Kožedělný průmysl se dělí na několik odvětví. Hlavními jsou koželužský (zpracování kůží na usně) a kožešnický (zpracování kůží na kožešiny), které se řadí mezi prvovýrobu. I přesto, že se práce zaměřuje na již zpracovanou kůži, tedy useň, bude kapitola věnována problematice zpracování kůží na usně.

Důležitým krokem při zpracování kůže je kůži náležitě připravit. Po lovu či porážce následuje stahování kůže, opracování, konzervování, skladování, třídění a prvovýroba. Čerstvě stažená kožka obsahuje 65% vody a organických látek, proto rychle podléhá bakteriologickým a enzymologickým změnám. Rozkladu lze zabránit snížením teploty

(zmrazením), snížením obsahu vody (sušením) či chemickou změnou bílkovin (solením).

## 2. Koželužské zpracování

Následující odstavce se zabývají koželužským zpracováním kůže na useň. Patří zde několik jednotlivých technologických operací a podoperací.

### Výroba holiny

Výroba holiny se provádí v koželužských sudech, které jsou uvnitř opatřeny kolíky. Tato operace v sobě zahrnuje další technologické podoperace:

#### Námok

V okamžiku, kdy se kůže namočí do vody, nabere vodu, a tím se zvláční. Účelem námoku je dle [1, str. 23]:

- „přivést kůži do takového stavu v jakém byla po stažení ze zvířete, tzn. dostat do kůže 70-75% vody,
- odstranit konzervační prostředky (např. sůl, naftalen)
- vyloužit co nejvíce šťáv a globulárních bílkovin (albuminů a globulinů), které vyplňují prostory mezi kožním pletivem
- očistit kůži od nečistot, které zůstaly na povrchu suroviny, pokud nebyly odstraněny již po zabití zvířete.“

Námokem vzniká žádoucí účinek – bobtnání. Tohoto efektu bude využito v experimentální části práce.

Do technologické operace výroby holiny spadá také odtučňování, loužení, odchlupování, mízdření a orážení, omykání, štípání, kruponování, praní a odvápnění a moření.

Při odtučňování se používají chemikálie, které zbavují holiny přebytečných tuků a zajišťují tak jejich stejnoměrné množství ve zpracované kůži, tedy usni. Co se týče loužení, u kůží, které jsou určeny pro koželužské zpracování, se provádí uvolňování chlupů. Bobtnání je zde ještě větší než u námoku. Podle Haviara probíhá uvolňování chlupů: „*pocením, enzymaticky, loužením v alkalických roztocích, natíráním sulfidovou kaší a následným doloužením, či rychlouloužením.*“ [1, str. 24] Po loužení následuje

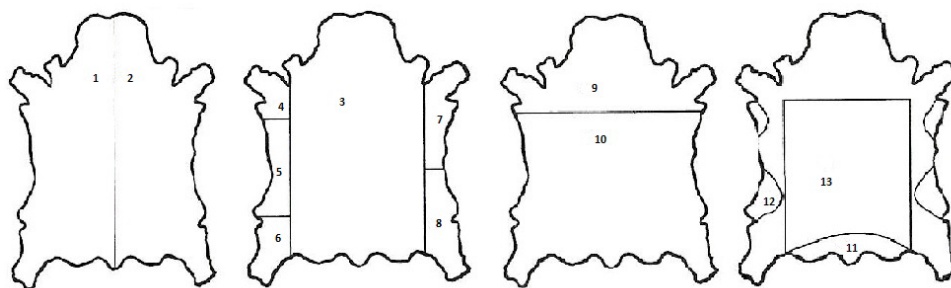
operace odchlupování, při které se z kůže odstraňují chlupy a pokožka. Odchlupování probíhá na odchlupovacím stroji, který je doplněn o nožový válec. Pro automobilový průmysl je podstatné mít dobře odstraněné chlupy, které zde nejsou potřebné. Pomocí mízdření a orážení dochází k odstranění podkožního vaziva, zbytku svalů a blan z rubu kůže. Smyslem omykání je dle Haviara zbavit holinu: „*zbytkových chlupových kořínků, malých chloupků a pokožky, vytlačit kožní pigmenty, polorozpuštěné bílkoviny, vápenatá mýdla a ostatní zbytky nečistot uvolněných loužením.*“ [1, str. 25]

### Štípání

Štípáním neboli egalizací tloušťky vzniká štípenka. Kůže prochází mezi dvěma válci. Na konci je nůž, který kůži rozřízne, čímž se vyrovná nestejnomyšnost tloušťky kůže. Většinou se štípají silnější kůže – hovězí, a to z rubové strany. Právě hovězí jsou nejvíce využívány v automobilovém průmyslu.

### Kruponování

Štípání je dělení kůže v tloušťce, naopak kruponování je dělení jaderných částí v ploše. Jaderná kůže je považována za kůži s nejvyšší jakostí a hustě propletenými vlákny. Prázdna kůže (rozběhlá) má menší jakost než kůže jaderná. Žádnou kůži nelze čistě celou využít, proto nastává operace zvaná kruponování, která rozdělí kůži na několik částí. Kůže obsahuje, co se týče jadernosti slabá místa – slabiny. Na obr. č. 2 lze vidět kruponec, v jehož části se nachází nejlepší část zvaná krupon.



- |                              |                               |
|------------------------------|-------------------------------|
| 1,2 levá a pravá půlka,      | 8 spodní půlka pravé krajiny, |
| 3 štíka,                     | 9 vaz,                        |
| 4 – 8 krajiny                | 10 kruponec,                  |
| 4 přední levá nožina         | 11 obza,                      |
| 5 střed levé krajiny         | 12 zadní levá slabina         |
| 6 zadní levá nožina,         | 13 krupon nejvyšší,           |
| 7 horní půlka pravé krajiny, | nejjadernější část kůže       |

**Obr. 2** Jednotlivé části koželužských kůží a legenda k obrázku [1, str. 19]

Do automobilového průmyslu jsou dováženy celé kůže, nijak nekruponované. Z čehož vyplývá, že je tato operace pro automobilový průmysl vynechána. Vedení firmy určuje, jak bude řezat dodanou kůži na základě požadavků zákazníka. Důležité je, aby zaměstnanci firmy věděli, že obza a slabiny jsou řídké a je třeba si dávat pozor při operaci řezání. Právě při řezání vzniká velké množství odpadu. Žádná kůže není 100% využitelná, a to kvůli jedinečnému tvaru, jadrnosti, vadám, které vznikly jak za života zvířete (přírozené), tak v průběhu zpracování kůže (oděry), atp. Při řezání je třeba brát v úvahu všechna zmíněná fakta. Na nejvíce namáhané části výrobku, např. na opěradla či sedadla, by měla být použita středová část kůže – krupon. Krupon má téměř vždy nejlepší mechanicko-fyzikální vlastnosti a považuje se za nejlepší, nejjadernější část. Při výřezu větších dílů vznikají větší ztráty. Pokud jsou díly dobře rozloženy, je odpad z kůže minimalizován. Nejčastěji se na automobilový průmysl využívá hovězina, kůže z dospělého tura domácího, která váží kolem 15 až 50 kg, z čehož odřezky (odpad) činí cca 25 %. Plocha kůže se měří v dm<sup>2</sup> a od plochy se odvíjí cena.

Co se týče praní a odvápnění, do holiny se během operace loužení dostává vápník, který je odstraňován praním vodou a za využití chemikálií odvápněním. Hydroxid vápenatý je nerozpustný a úkolem je převést ho do podoby, která se z holiny lehce vyplaví – rozpustné vápenaté soli. Špatné odvápnění má za následek nežádoucí strukturu kůže. Moření dodává usni měkkost a hladkost líce. Jedná se také o operaci, která zajišťuje odstranění nežádoucích látek (kolagenů, zbytků chlupů) mořidly.

## Činění

Operace činění patří mezi druhou hlavní operaci koželužského zpracování. Činěním se rozumí přeměna předpřipravené kůže, přesněji holiny na useň. Provádí se pomocí činících látek, které mají organický (třísločinění za použití rostlinných tříslovin) a anorganický (chromočinění za použití bazických solí chromu) původ. Chromočinění kůže se dále rozděluje na trojmocné chromování a šestimocné chromování. Trojmocný chrom  $Cr^{3+}$  se považuje za neškodlivý, naopak šestimocný chrom  $Cr^{6+}$  má špatný dopad na životní prostředí. Při činění se může  $Cr^{3+}$  přeměnit na vysoce toxický  $Cr^{6+}$ . Mezinárodní kampaň “Obuj se do toho“ říká, že: „*toxicita trojmocného a šestimocného chromu se velice zásadně liší. Pro činění kůže se obvykle používá  $Cr^{3+}$ . Naopak  $Cr^{6+}$  se k tomuto účelu cíleně nevyužívá, avšak může ve zpracovávané kůži vzniknout oxidací  $Cr^{3+}$ . Podmínky pro jeho vznik mohou nastat při nepřímé oxidaci, použitím chemických*

*meziproduktů, během stárnutí kůže nebo vlivem UV záření. Jeho vzniku je však možné předejít. Vědecký výzkum dokazuje, že pokud koželužny zavedou osvědčené postupy a přijmou konkrétní preventivní opatření, je možné snížit riziko vzniku šestimocného chromu na minimum, a vyrábět tak kůže s nezjistitelnými koncentracemi šestimocného chromu, které vyhovují současným předpisům.“ [3] Veškeré vzorky, které byly poskytnuty k experimentální části jsou bezchromové.*

U vyčiněné kůže, lze pod vhodným mikroskopem sledovat volně pohybující se jednotlivá kolagenová vlákna, která nejsou vzájemně slepena. Neslepení kolagenových vláken se dosahuje právě činěním, čímž se zabrání také rohovité struktury. Haviar říká, že vyčiněná kůže je: „*odolnější vůči vodě, vůči vyšším teplotám, účinkům bakterií a enzymům, je pružnější, ohebnější a má žádany omak.*“ [1, str. 27]

### **Předúprava usní**

Do předúpravy usní spadá několik technologických operací jako je: odležení po činění, odvodňování, postruhování, neutralizace a praní, přečiňování, barvení, mazání, plnění a impregnace, vyražena a sušení.

Co se týče barvení, provádí se za účelem zlepšení vzhledu např. dle přání zákazníka. Je uskutečňováno pomocí kationaktivních nebo anionaktivních organických barviv či přírodními barvivy.

### **Konečná úprava usní**

Uložení po sušení, vlhčení, měkčení, napínání a druhé sušení, odprašování, kartáčování a česání, žehlení, mechanické zhušťování, lícování (dezénování), vytírání líce, apretování, klouzkování, leštění a tukování. Všechny tyto technologické operace spadající do konečné úpravy kůží jsou důležité k dokončení úpravy kůží.

## **2.1. Vlastnosti kůže**

Kůže je od prvopočátku považována za jedinečnou. Ať už svými vlastnostmi, tak i strukturou atp. Technologické vlastnosti jsou ovlivněny řadou aspektů, od samotného průběhu života obratlovce, fázemi zpracování, až po světelné záření, působení tepelných zdrojů, rovněž působení vlhkost apod. Z čehož vyplývá, že každá kůže je jiná, jedinečná. Za prospěšnou vlastnost kůže se považuje velká odolnost v ohybu. Fyzikální

a mechanické vlastnosti kůží souvisí do značné míry se strukturou a orientací vláken. Úkolem práce je, aby se výsledný produkt co nejvíce podobal svými vlastnostmi samotné pravé kůži. Pro závěrečné porovnání kůže a výsledné vrstvy je nutné vědět, jak se pohybují přibližné hodnoty měřených veličin samotné kůže.

Dle článku [4] se tepelná vodivost kůže zvyšuje se zvyšujícím se obsahem vlhkosti. Vzhledem k dostupnosti materiálů lze považovat kůži za alternativní izolační materiály s ohledem na tepelně izolační vlastnosti. Hodnota tepelné vodivosti kůže se dle článku udává přibližně 0,034 - 0,042 W/mK.

O paropropustnosti neboli propustnosti vodních par existuje velmi malé množství publikací zabývajících se touto problematikou, nicméně právě o tomto tématu pojednává článek [5]. Bylo srovnáno několik kůží s různými způsoby zpracování z hlediska paropropustnosti. Výsledkem bylo, že paropropustnost se mění se způsobem zpracování. Přesto se hodnoty  $R_{et}$  pohybovaly kolem 40 Pa.m<sup>2</sup>/W u telecí kůže, chromované.

Výhodou kůže je její prodyšnost, avšak čím více je kůže potažena barvou či filmem, tím je prodyšnost nižší.

Kůže se sama o sobě vyznačuje vysokou pevností, což bylo možné ověřit při rozvolňování. Pevnost se liší v podélném i příčném směru kůže. Kůže s vyšším obsahem tuku má větší pevnost. Existuje však několik faktorů, které mají vliv na pevnost, např. metoda opalování, stárí kůže, povrchová úprava apod. Vlastnosti kůže mohou být odlišné i přesto, že je ze stejného zvířete i stejně zpracovaná a upravená. [6]

Co se týče oděru, v diplomové práci Ernestové byly prováděny zkoušky oděru několika textilních materiálů. Zkoušky byly prováděny na přístroji Martindale, který bude využit také v této diplomové práci. Ernestová říká, že: „se zvětšujícím se počtem otáček je vzorek více odírán a zhoršuje se jeho vzhled. Není tomu tak u kůže, kdy její vzhled se změnil na začátku a až do konce zůstal stejný.“ [7] Ve srovnání s tkaninou, pleteninou a alcantarou měla kůže nejmenší procentuální hmotnostní úbytek, a to 0,097 % z čehož vyplývá, že kůže je velmi odolná v odírání oproti ostatním textiliím. Tento fakt lze opět ověřit při experimentech. Je velmi obtížné rozvolnit kůži na jednotlivá vlákna.

Kůže je přírodní materiál, který nemá ustálené vlastnosti. Vlastnosti se mění v závislosti na: vlhkosti kůže, vlhkosti okolí, teploty kůže, teploty okolí, typu kůže, zpracování

apod. Proto jsou rozptýly hodnot velké. Různých termofyziologických vlastností lze dosáhnout použitím různých činidel pro kůži. V závislosti na oblasti použití kůže by proto měly být použity vhodné činidlové prostředky a procesy.

### 3. Kůže v automobilovém průmyslu

Kůži možno rozdělit na několik typů z hlediska použité suroviny, způsobu činění, povrchových úprav, dle jakosti apod. V automobilovém průmyslu se využívají výhradně hovězí kůže – hověžina.

#### Hověžina

Hověžina je kůže z dospělého tura domácího. Považuje se za nejběžnější a nejpoužívanější koželužskou surovinu, která se používá téměř ve všech oborech kožedělné průmyslové výroby. Kůže z hověžiny je chromitá, tříselná či kombinovaná a většina plochy je jadrná. Vyznačuje se hlavně svou pevností.

V automobilovém průmyslu je kladen velký nárok na fyzikálně mechanické vlastnosti (pevnosti, deformační vlastnosti atp.) a také na hygienické vlastnosti (tepelně izolační, nasákavost – vysychavost, propustnost pro páry atp.). Vlastnosti kůže se obecně odvíjí od několika aspektů. Fyzikálně-mechanické vlastnosti jsou dle Haviara: „*měřitelné (v případě tuhosti i neměřitelné) vlastnosti a některé z nich jsou závislé na tloušťce a nasákavosti usně. Patří sem plošná a objemová hmotnost, teplota smrštění, pevnost v tahu, zdánlivý modul pružnosti v tahu, tahová tuhost, pevnost ve vytržení trnu, pevnost ve vytržení stehu, pevnost v dalším trhání, pevnost v roztržení štěrbiny, deformace při vydutí (plošné protažení), pevnost a protažení ve vydutí kuličkou, tuhost.*“ [1, str. 45] Z toho vyplývá, že i odřezky mají tyto dobré vlastnosti. V rámci diplomové práce byla zahájena spolupráce s firmou BOS Automotive Products, s.r.o., která dodala vzorky odpadu z kůže pro experimentální část práce. Stručné informace o firmě jsou uvedené v následující podkapitole.

### 3.1. Firma BOS Automotive Products CZ, s.r.o.

Inspirací pro vznik této práce byla firma BOS Automotive Products CZ, s.r.o. Klášterec (dále pouze BOS). Je důležité zmínit informace o firmě, která poskytla vzorky pro experimentální část práce. Tato firma se sídlem v České republice je součástí mezinárodní společnosti, která vyvíjí, vyrábí a distribuuje inovativní systémy a komponenty pro automobilový průmysl.

Firma na svých stránkách uvádí: „že se snaží své výrobky neustále inovovat, aby si zajistila spokojené zákazníky a zároveň výhodné postavení na trhu. Firma byla založena v roce 1910 Wilhelmem Baumeistrem. Od tohoto roku se postupně vyvíjela, dnes má 21 poboček po celém světě a přibližně 8000 zaměstnanců, z čehož 620 zaměstnanců v České republice. Dle počtu zaměstnanců se firma řadí do kategorie velkých firem. Firma si zakládá na ekologicky šetrném designu a procesu podle systému environmentálního managementu DIN EN ISO 14001. Firma spolupracuje s předními automobilkami, jako je např. BMW, Volkswagen, Volvo, Ford apod. Pobočka v České republice má k dispozici rozmanité technologické postupy a byla určena jako centrální výrobní závod pro výrobu loketních opěrek.“ [8]

#### Stručný sortiment komponentů

Firma se zaměřuje na výrobu komponentů pro automobilový průmysl. Kromě toho, že pobočka v ČR byla určena jako centrální výrobní závod pro výrobu loketních opěrek, nabízí firma spoustu dalších potřebných komponentů pro automobilový průmysl. Svým zákazníkům firma poskytuje kromě čalounění loketních opěrek, rolety do zavazadlových prostorů, panoramatické střešní systémy, inteligentní systémy skladování v zavazadlovém prostoru, bezpečnostní sítě, nosné systémy (např. na kola) apod. Všechny tyto součásti prochází zušlechťovacími a dokončovacími procesy.

Koždědný průmysl podporuje místní ekonomický rozvoj, ale naopak vede i k velkému znečištění životního prostředí. Již při samotném zpracování kůže vzniká mnoho nebezpečných odpadních látek. I přesto, že se o postupné snižování množství odpadu mnoho velkých mezinárodních firem snaží, odpadu je stále více. Firma BOS není výjimkou, vzniká zde obrovské množství odpadu z kůže. Směsný komunální odpad firmy činí 168 tun. Přes veškerou snahu minimalizovat technologický odpad, je produkce odpadů z kůže ve firmě cca 10-15 % z celkového směsného komunálního

odpadu, což činí cca 17-25 tun měsíčně. Tato firma však není jediný potenciální zpracovatel odpadů z kůže pro budoucí využití. Více o odpadech a jejich vzniku při výrobě je uvedeno v následující kapitole.

#### 4. Odpad z kůže

V návaznosti na cíl diplomové práce je v této podkapitole důležité zmínit technologie, při kterých vznikají nežádoucí odpady.

Během procesu výroby vzniká značné množství odpadu z kůže. Nejvíce odpadu vzniká při operaci řezání. Technologický vývoj zajistil využívání laserových řezacích technik na kůže. Laserové řezání je bezkontaktní řezání, které zajišťuje vysokou produktivitu a také umožňuje důkladné vyřezávání složitějších tvarů bez roztřepení. Při pokládání stříhových šablon na materiál je cílem optimální využití plochy, a tím žádaná minimalizace technologického odpadu. Jak uvádí Fialová ve své diplomové práci: *„Tyto druhy odpadů jsou nejdražší, do jejich ceny se započítává cena suroviny, chemikálií, a navíc také cena strojní a lidské práce.“* [9] Jedním z důvodů vysoké ceny kůže na trhu je právě fakt, že kůže není 100% využitelná a vzniklé odpady se musí dle zákonných předpisů likvidovat. Vše se odvíjí od velikosti a dokonalosti povrchu zvířecí kůže. Čím větší a dokonalejší je povrch kůže, tím je nižší rezný odpad.

V automobilních interiérech se stále více začíná využívat laminování. Laminace kůže se provádí z ochranných důvodů a pro zesílení kůže vlastnostmi vrstveného materiálu. Přidání laminátu k obvykle tvrdému materiálu mívá za následek zlepšení omaku na dotyk. Při laminování automobilové nebo nábytkové čalouněné kůže je celá rubová strana kůže potažena laminovacím materiálem pomocí lepidla (tlakem a teplotou). Laminovacím materiálem se rozumí např. tkanina ze skleněných, kevlarových či uhlíkových vláken, která je napuštěna pryskyřicí. Zabraňuje se tak nežádoucímu zvlnění a usnadňuje vytváření speciálních tvarů. Laminování kůže se používá např. na opěrky hlavy, dveřní obložení, zavazadlové prostory atp. I při použití této technologie vzniká odpad, a to při řezání hotových dílů z laminovaného materiálu.

K účelům diplomové práce byly poskytnuty odřezky z kůže firmou BOS viz obr. č. 3.



**Obr. 3** Odřezky kůže

#### **4.1. Současné zpracování odpadů z kůže**

Současný stav zpracování odpadů z kožedělného průmyslu není uspokojivý. Podle [2] výtěžek finálního produktu stěží dosáhne 25% hmotnosti surové kůže. Z čehož vyplývá, že zbytek je odpad.

Jak uvádí Fialová ve své práci: *„Jednotlivé druhy odpadů v kožedělném průmyslu se rozdělují podle vzniku a výskytu takto:*

- *odpady vznikající při manipulaci se surovými kůžemi,*
- *odpady vznikající při zpracování surových kůží (při výrobě usní a kožešin),*
- *odpady vznikající při zpracování usní,*
- *ostatní druhy odpadů.“* [9]

Diplomová práce se zabývá odpady, které produkuje automobilový průmysl, tzn. odpady vznikající při zpracování kůží, nejvíce při operaci řezání. Tyto odpady se nazývají usňové neboli manipulační.

Špatné nakládání s pevnými odpady může mít za následek poškození životního prostředí a také může způsobovat závažná zdravotní rizika. I přesto, že je na světě mnoho rozvinutých zemí, nakládá se s odpady z kůže neefektivně. Poptávka po kožených produktech roste, to má za následek rostoucí míru produkce odpadu z kůže. Podle článku je každý rok celosvětově 4 miliony tun pevného odpadu vytvořeno

kožedělným průmyslem. Některé z vyprodukovaných odpadů lze recyklovat či jinak efektivně zpracovat, což je cílem této práce. [10]

Současný stav zpracování odpadu z kůže je uveden v následujících odstavcích.

- Skládkování

Velké množství odpadu končí na skládkách. Na základě studie provedené v Itálii je systém skládkování označen za nejhorší postup nakládání s odpady, ale stále se považuje za jeden způsob současného zpracování kožedělného odpadu. [10] Otázkou je, zda s sebou nenese velkou zátěž pro životní prostředí z hlediska existence trojmocného (neškodného) a šestimocného (karcinogenního) chromu.

- Spalování

Mezi další současné zpracování kožedělného odpadu patří spalování. Při spalování vzniká popel, který obsahuje toxický, karcinogenní chroman vápenatý, jak je uvedeno v kapitole č. 2. Z tohoto důvodu není vhodné, ale přesto běžně využívané zpracování odpadu z kůže. [5]

- Recyklace

Recyklací odpadu z kůže lze docílit snížení negativních dopadů vytvořené kožedělným průmyslem. Pokud materiál nemůže být využit pro svůj původní účel, materiál se recykluje a může být znovu efektivně využit. [10] Recyklací se rozumí rozemletí kožených odpadů na kousky a následné smíchání výsledného materiálu s vodou či jinými pojivovými produkty. Celokožené zbytky kůže lze použít při výrobě drobného zboží, jako jsou tašky, opasky a peněženky, nebo je lze také rozemlít a přepracovat pro použití v produktech, jako jsou kožené obklady či portfolio. Recyklace se považuje za výsledek této diplomové práce. Odpady z kůže budou rozvolněny a následně bude z rozvolněné směsi z kůže vytvořena vrstva, která bude dále podléhat testování vlastností.

Článek [11] se zabývá opětovným využitím odpadu z kůže. Odpad z kůže byl poskytnut společností ELICO (Ethiopian Leather Industry Corporation). Bylo použito pryskyřicové pojivo, polyuretanové pojivo,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ . Příprava kůže spočívala

v nakrájení materiálu na malé kousky (délka 5-10 cm a šířka 2-3 cm) pomocí stroje Swing ARM Clicker.

Kompozitní desky byly připraveny za použití směsi z kůže a dvou různých syntetických pojiv – pryskyřice a polyurethanové pojivo při různých úrovních (30, 60, 90, 120 a 150 ml – kožený odpad).

Příprava kožené směsi za použití pryskyřicového pojiva: cca 130 g směsi z kůže bylo namočeno v 1000 ml vody po dobu 12 hodin a mleto ve stroji sloužící k mletí masa (La Minerva C/E 680N). Tím se docílilo zmenšení velikosti předpřipravených kousků. K této směsi bylo přidáno 90 ml pryskyřicového pojiva, 10 ml polyethylenového pojiva a 4 %  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  (síranu hlinitého). Nová směs byla důkladně promíchána. Později bylo přidáno 10 ml zředěné kyseliny sírové v poměru 1:3. Tato výsledná směs byla zředěna pomocí 4000 ml vody, aby se vytvořila suspenze. Poté byl vzorek nalit do stroje na výrobu archů a za mokra byl lisován pomocí hydraulického lisu. Následovalo vysušení.

Vzorky podléhaly testování. Bylo zjištěno, že všechny vzorky připravené pomocí pryskyřicového pojiva vykazovaly lepší pevnost v tahu. Obecně bylo zjištěno, že vzorky mají vhodné mechanické vlastnosti a lze je využít galanterii, jako umělá střešní krytina, interiérové dekorace apod.

Tato diplomová práce bude založena na odlišném způsobu výroby recyklovaného materiálu.

- Kompozitní materiály

Dle článku [12] se úspěšně prokázalo použití vláken jako kompozit, např. použití přírodního kaučuku. Přidáním přírodního kaučuku ke kolagenovým vláknům vzniká kompozitní materiál, který se vyznačuje lepšími vlastnostmi – zvýšila se pevnost v tahu a odolnost proti oděru. Článek [13] řeší problematiku využití odpadu z kůže jako kompozitní materiál. Pro studii byly připraveny kompozitní desky s polyvinylbutyralem jako matricí spolu s mokkými odřezky z kůže a koženým prachem. Podíl matrice a výztuže byl udržován v poměru 1:1. Kožené odřezky i kožený prach byly sušeny na přímém slunečním světle po dobu pěti hodin. Bylo zjištěno, že počáteční hmotnost byla snížena o 62 % u kožených odřezků a u koženého prachu o 9 %. Stejně tak byla připravena matrice – polyvinylbutyralem. Jednotlivé druhy odpadu byly smíchány s matricí při teplotě 90 °C. Poté byly kompozitní desky lisovány při teplotě 95 °C, čímž

byla zlepšena povrchová úprava a byla získána tloušťka desky 3 mm. Vzorky podléhaly testování. Zvýšení obsahu kůže v kompozitech vedlo k významnému zvýšení modulu v tahu a ke snížení tahové deformace při přetržení. Výsledek naznačuje, že tyto kompozity lze použít jako izolační materiál.

- Kompostování

Odřezky se využívají např. při kompostování. Pokud odpady neobsahují škodlivé látky, lze z nich vytvořit hnojivo. Při kompostování dochází k biologickému rozkladu a přítomnost škodlivých látek je nežádoucí. Tyto škodlivé látky by mohly při pozdějším využití kompostu proniknout do rostlin a dále např. do potravinového řetězce. [5]

- Pyrolýza

Dle Fialové [5] je další využívanou metodou zpracování odpadu pyrolýza. Jak je uvedeno v diplomové práci Fialové: *„Pyrolýza je tepelné zpracování odpadních látek v pyrolýzní peci při teplotě 250 až 1650 °C bez přístupu vzduchu, nebo za omezeného přístupu vzduchu a sníženého atmosférického tlaku. Výsledkem pyrolýzního rozkladu jsou kapalné látky (pyrolýzní olej) a plynné látky (pyrolýzní plyn). Tyto látky lze využít jako druhotnou surovinu (na výrobu benzenu, toluenu, aj.) nebo se velmi účinně bez výrazné produkce emisí spalují v kotlích na výrobu tepla. Většina těžkých kovů přechází do tuhých pyrolýzních zbytků a není obsažena v emisích. Pyrolýza je perspektivní technologie zvláště pro zneškodňování rizikových odpadů.“*

- Chemická hydrolýza

Jak uvádí Dolinay ve své disertační práci: *„další možností zpracování odpadů je chemická hydrolýza, u které reakce probíhá v alkalickém nebo kyselém prostředí za zvýšeného tlaku a teplot. Konečným produktem je roztok bílkoviny a sražené chromité soli. Bílkovinný produkt našel uplatnění jako krmivo, anorganický podíl je možno zpracovat na chromitou sůl.“* [14] Překážkou je vysoká cena.

- Odkup odpadů zahraničními státy

Některé firmy spolupracovaly s jinými státy, které odkupovaly zbytky kůží (produkované výhradně automobilovými průmysly) za určitou částku. Konkrétně firma BOS spolupracovala s Čínou a účtovala si za prodej odpadů 2 eura/kg. Avšak v roce

2017 bylo rozhodnuto o zákazu vývozu odpadů do Číny. V současné době není o odkup odpadu z kůže žádný zájem. V Číně byl odpad zpracován na všechny druhy kožených doplňků – pouzdra, menší kabelky apod.

- Bioplyn

Bioplynem se rozumí plyn, který se skládá z metanu a oxidu uhličitého. Jak je uvedeno v bakalářské práci Hlavatého: *„poptávka po palivu se exponenciálně zvyšuje díky neustále se zvyšující populaci. Díky tomu je nutné hledat alternativní zdroje energie, které budou mimo jiné šetrné pro životní prostředí. Odpad z kožedělného průmyslu je možné využít jako palivo, protože tento odpad má dobré spalovací vlastnosti a energetické využití. Bílkoviny mohou být použity k výrobě bioplynu anaerobní digesí. Anaerobní digesce představuje metodu pro získávání energie z odpadu. Tato metoda degraduje podstatnou část organických látek, které jsou obsažené v pevném odpadu a vniká tak cenný bioplyn. Bioplyn je možné používat k výrobě elektrické i tepelné energie, je možné ho využívat jako náhradu za zemní plyn a také jako palivo v přepravě.“* [15] Z hlediska ekologie je využití bioplynu vhodnou variantou zpracování odpadu z kůže, ale dosud ne tak využívanou variantou.

- Stavebnictví

Pokud není koželužský odpad řádně zpracován či zlikvidován, hrozí velké nebezpečí pro životní prostředí. Stabilizovaný odpad lze využít ve stavebnictví jako konstrukční materiál, za předpokladu, že má potřebné technické vlastnosti a v přijatelné míře vylučuje toxické znečišťující látky. [15] Dle naměřených vlastností se určí směr využití produktu.

## 4.2. Dopad koželužského průmyslu na životní prostředí

V kapitole č. 2 bylo uvedeno, že ze surového materiálu se stěží získá 25 % finálního produktu a zbytek jsou odpady či vedlejší produkty. Konkrétně se dle knihy uvádí, že se při zpracování jedné tuny kůže získá pouhých 250 kg použitelné suroviny (obsahující 3 kg chromu). Pevný a kapalný odpad zahrnuje přibližně 250 kg pevného odpadu a 200 kg vyčištěného odpadu (obsahující 3 kg chromu) a dále 50 000 kg odpadních vod (obsahujících 5 kg chromu). [16]

Jak uvedl Dolinay ve své disertační práci: „*Odpady, které pochází z koželužen lze rozdělit na kapalné, pevné a plynné:*

- *Kapalné odpady: vznikají především z mokrého opracování v mokré dílně, činící dílně a v předúpravě. Tyto odpady tvoří vyčerpané lázně z činění a přečinění spolu s odpadními vodami ze ždímání a odkapávání.*
- *Pevné odpady: zdroje pevných odpadů jsou v mizdření, štípání, postruhování a ořezávání. Tyto odpady tvoří postružiny, brusný prach, odřezky z usní apod. Dalším potenciálním zdrojem pevných odpadů jsou čistírenské kaly, které vznikají při sedimentaci suspendovaných tuhých látek při primárním (fyzikálně chemickém) čištění odpadních vod.*
- *Plynné odpady: odcházejí především z úpravářských procesů, i když plynné emise vznikají i v jiných částech koželužny.“ [14]*

Ačkoliv je průmysl zpracování kůže ekonomicky významný, vede k negativnímu dopadu na životní prostředí a lidské zdraví. Je to způsobeno velkou produkcí pevného odpadu a odpadních vod obsahující nebezpečné chemikálie, jako je chrom, syntetický tanin, oleje, biocidy a detergenty. Všechny tyto chemikálie jsou vypouštěny do životního prostředí. Cílem diplomové práce je efektivně využít odpady z kůže.

## 4.3. Možnosti zpracování odpadu

Možností zpracování odpadů z kůže je mnoho, ale ne všechny jsou ve výsledku efektivní či nemají požadovaný pozitivní dopad na životní prostředí. Cílem práce je návrh možných řešení využití tohoto odpadu, cílem práce však není ověření v praxi po všech stránkách, které může znamenat zjištění vhodnosti či nevhodnosti využití tohoto produktu.

Experimentálním výsledkem práce bude rovnoměrná vrstva s určitým druhem pojiva. Práce nemá za úkol řešit technologie, měření vlastností vzniklého produktu. Práce má za úkol pouze ověření experimentů, případně porovnání vlastností experimentálně vyrobených vzorků.

Jednou z možností je využití odpadu z kůže ve stavebnictví. Odpady je možné využít jako přísada ve stavebnictví. Pro stavebnictví by se musela najít určitá aplikace, kde by byly s výhodou využity vlastnosti. Pokud se přidá do rozdrčené kůže kasein jako pojivo, výsledný produkt by měl lepší mechanické vlastnosti – pružnost, pevnost, lehkost, prodyšnost, nehořlavost, zvuková izolace, ve stavebnictví prodlužuje životnost. Problémem při použití odpadu z kůže ve stavebnictví jsou použítá karcinogenní mořidla, která se dostávají i do tohoto výsledného produktu. Ve stavebnictví jsou velmi přísně stanovené podmínky kvůli škodlivému vlivu na životní prostředí.

Další možností, kde se dá využít odpad z kůže je využití v zemědělství. Například vyvýšení záhonů, zatravňovací panely apod. Problém nastává v situaci, kdy kůže začne brzy podléhat degeneračním vlivům/rozkladu a nebylo by tak výsledné použití efektivní. Fakt, že kůže a následně vytvořený produkt z odpadu z kůže brzy podléhá biologickému rozkladu, je možno využít také pozitivně. S výhodou by bylo možno výsledný produkt použít na tvorbu rozložitelných zatravňovacích panelů/tvárníc. Nastává otázka, zda nebude mít chemické složení odpadu z kůže nepříznivý dopad na životní prostředí. Tento problém by nenastal při použití bezchromových odpadů.

Produkt by se mohl jevit vhodným i jako alternativní izolační materiál. V první řadě je důležité vědět, že izolace může být tepelná i zvuková. Použitím slisované vrstvy odpadu z kůže by bylo možné zlepšit zvukově izolační vlastnosti.

Výsledná vrstva bude mít zajímavou strukturu, která by mohla být využita také jako designový prvek bytových či galanterních doplňků. Struktura výsledné vrstvy je natolik pozoruhodná, že po zhodnocení vlastností výsledné vrstvy bude moci být produkt využit v oděvním průmyslu.

## **Dílčí závěr**

I přes několik uvedených návrhů využití výsledného produktu bude teprve po testování vybranými zkouškami určen směr využití. Struktura výsledné vrstvy je natolik pozoruhodná, že po zhodnocení vlastností výsledné vrstvy bude produkt svým jedinečným povrchem vhodný např. v oděvní sféře. Obrovskou výhodou je cena. Odřezků kůže z automobilového průmyslu je několik tun měsíčně, jejichž cena je zanedbatelná. Narozdíl od pravé přírodní kůže je vytvořený produkt také původem přírodní kůže, ale zároveň náklady na materiál nejsou vysoké. Vzhledem k rozsahu práce není možné zhodnotit všechny možné návrhy využití.

## Experimentální část

Po prostudování důležitých informací zabývajících se problematikou této diplomové práce je možné zahájit experimentální část práce.

### 5. Vlastní návrh zpracování odpadu, vývoj produktu

Poskytnuté vzorky neobsahují dle získaných informací šestimocný karcinogenní chrom, což je pro experimentální část práce velmi užitečná informace. Pokud by totiž vzorky obsahovaly karcinogenní chrom, experimentální část by pravděpodobně nemohla být vykonána. Největší překážka spočívala ve vhodném rozemletí neboli rozmělnění odpadu z kůže tak, aby mohl být dále laboratorně zpracován.

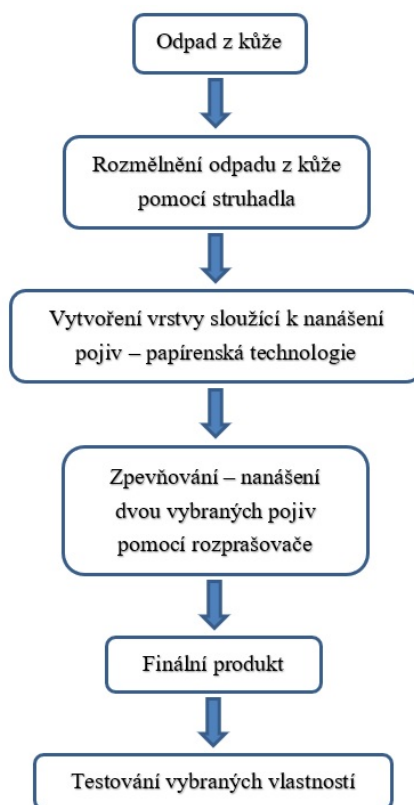
V normě ČSN ISO EN 15987 je uvedeno, že: *„jestliže byla vyčiněná kůže nebo koža rozložena mechanicky a/nebo chemicky na vláknité částice, malé kousky nebo prach a pak s pojivem nebo bez pojiva zpracována do archů nebo jiných tvarů, nejsou takové archy nebo tvary usní“*. [17] Z čehož vyplývá, že výsledný produkt nelze nazývat useň, i přesto, že je produkt vytvořen z pravé přírodní kůže.

#### 5.1. Postup zpracování výsledné vrstvy

Odpadů je opravdu velké množství a je třeba se zaměřit na jejich zpracování. Tato diplomová práce je zaměřena na zpracování odpadů z kůže ve formě odřezků. Odřezky vznikají při vyřezávání požadovaných tvarů pro automobilový průmysl z kůže. Cílem diplomové práce je, aby se z odřezků vytvořený produkt co nejvíce podobal svými vlastnostmi pravé kůži.

Zvyšující se spotřeba kožených výrobků přináší zvýšení produkce odpadu z kůže. Existuje několik možností, jak odpad z kůže využít. Odřezky jsou již po všech stránkách zpracovanou kůží a je možné z nich vyrábět např. drobné dekorativní předměty jako jsou: přívěsky, sešívané tašky, dekorační nášivky apod. I přesto, že lze odpad z kůže využít ve formě drobných předmětů, práce se zaměřuje na zpracování velkého množství odpadu z kůže. Jedním z nápadů je vytvořit “koženou” vrstvu, která se dále efektivně využije.

V kapitole č. 1. bylo uvedeno, že usně obsahují převážně kolagenová vlákna a činící prostředky. Kolagenová vlákna kůže jsou důležitá pro další zpracování a vyskytují se pouze ve škáře, proto bývají nazývána jako kolagenové vazivo škáry. Aby mohla být kolagenová vlákna dále využita, je třeba je převést do podoby, ze které bude možno vytvořit další produkt. Z tohoto hlediska je klíčové odpady laboratorně rozvolnit, rozemlít a rozsekat neboli mechanicky roztřepit. Pro experimentální část jsou potřeba co nejjemněji rozvolněné odpady z kůže. Pro účely této práce bylo vyzkoušeno několik metod rozvolňování. Pro řádné rozmělnění není v tuto chvíli dostupné technologické vybavení. Byla využita nejjednodušší metoda, a to rozvolnění odpadu z kůže obyčejným kuchyňským struhadlem. Jednou z dalších možností, jak získat ideální směs rozvolněné kůže je chemický rozklad. Použitím chemikálií a následným rozvolněním kůže, ztratí recyklovaný produkt mechanické vlastnosti kůže a výsledek by tak nebyl efektivní. Zprvu bylo tedy důležité rozvolnit kůži na jednotlivá vlákna, poté vybrat vhodné pojivo pro zpevnění, následně vytvořit vrstvu a opatřit ji vybraným pojivem. Použité metody rozvolnění jsou popsány v podkapitole č. 5.2. Bylo vytvořeno blokové schéma viz obr. č. 4, které obsahuje jednotlivé kroky postupu výroby finálního produktu. Tyto kroky jsou klíčové.

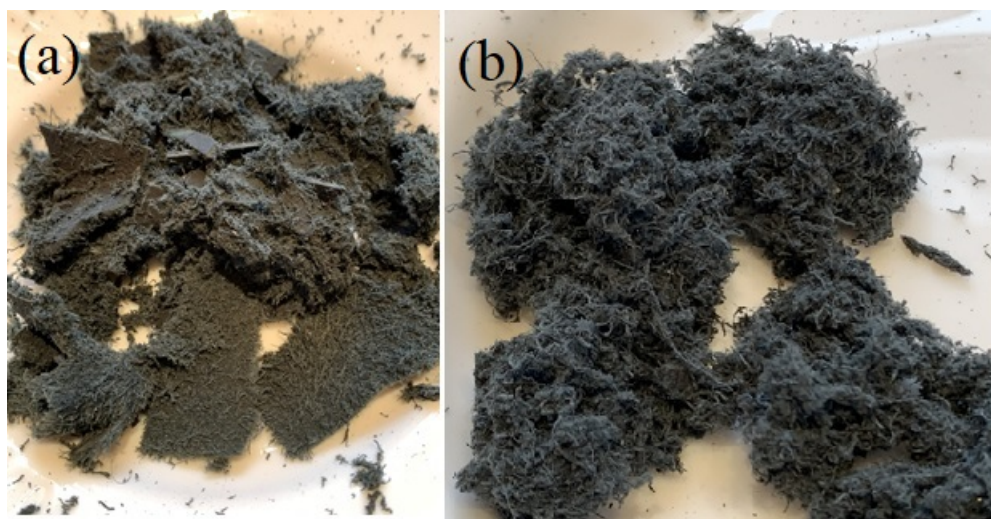


**Obr. 4** Schéma postupu vytváření finálního produktu

## 5.2. Metody rozmělnění kůže

Metod vhodného rozmělnění je použitelných několik. Jak již bylo uvedeno v podkapitole č. 5.1., chemický rozklad se nejeví jako vhodné řešení kvůli ztrátě všech potřebných vlastností kůže a jejich odpadů. Jako vhodnou alternativní metodu autorka práce využila zprvu obyčejnou kosmetickou pinzetu a poté kuchyňské struhadlo, avšak tato metoda rozvolňování je z hlediska času velmi náročná a při struhání docházelo k velkému opotřebení struhadla houževnatými vzorky odpadu. Bylo vyzkoušeno několik dalších metod.

Nastříhaná kůže na menší kusy byla vložena do mixéru značky Eta a byla mixována minutu. Po částečném zničení mixéru a opotřebení nožů je výsledkem fakt, že mixér nebyl schopen rozmixovat celou kůži do požadované formy, která je na obr. č. 5.



**Obr. 5** Rozvolněná kůže mixérem:

(a) s nerozmixovanými kusy, (b) po odstranění velkých kusů

Tato metoda není vyhovující, jelikož kůže zcela otupěla řezné nože při pokusu s většími kusy, a to dokonce za velmi krátkou dobu. Metoda mixování musí být doplněna o separaci větších kusů kůže, které byly rozmixovány - obr. č. 5 (a). Po separaci větších kusů by byla rozmělněná směs z kůže použitelná pro další experimenty viz obr. č. 5 (b).

Vhodnější metodou se stále jeví použití mixéru, ale již s předem připravenou kůží struhadlem. Směs rozvolněné kůže se tak ještě zjemní. Při dalších experimentech s touto rozmělněnou směsí z kůže se docílila rovnoměrnější vrstva na pokusném sítu.

Další testovanou metodou bylo použití hrubého brusného papíru připevněného na úhlové brusce, viz obr. č. 6.



**Obr. 6** Použití úhlové brusky (brusný povrch)

Po minutovém broušení kůže brusným papírem při otáčkách  $10\,000\text{ min}^{-1}$  byl brusný papír opotřebován natolik, že další zpracování odpadu z kůže již nebylo možné. Z experimentu vyplývá, že ani tato není metoda pro zpracování odpadu z hlediska použití výhodná, a to vzhledem k nákladům na brusný papír.

Řešením by bylo trhat kůži ocelovým kartáčem připevněným opět na úhlové brusce. Tato metoda se zdá nejefektivnější, co se týče spotřeby materiálu ocelového kartáče. Kartáče se po minutovém tření o kůži neotupily. Experimentální použití této metody není zcela bezpečné, viz obr. č. 7. V rozmělněné směsi z kůže se vyskytovaly větší kousky.



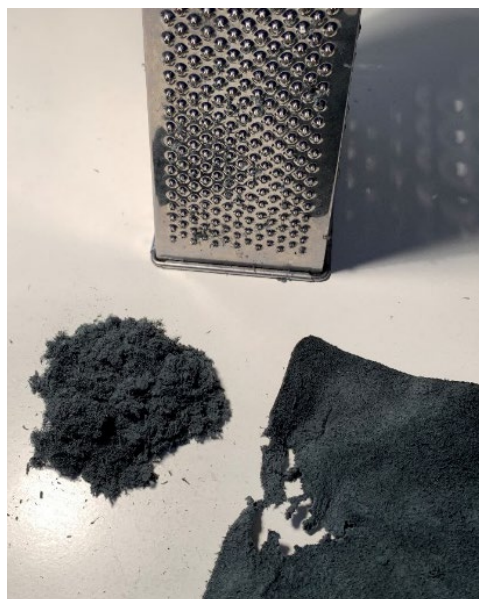
**Obr. 7** Použití úhlové brusky (ocelový kartáč)

Téměř všechny zkoušené metody jsou z hlediska velkého opotřebení použitého nástroje neefektivní.

Velmi vhodná metoda pro rozmělnění kůží se jeví kryogenní metoda zpracování. Podstata této metody je ve zmrazení kůže, kterým dojde ke ztvrdnutí kůže. Tvrdší kůži lze poté lépe zpracovat podobnými způsoby jako byly použity. Toto řešení je však již nad rámec diplomové práce a nad rámec technických možností zhotovitele diplomové práce.

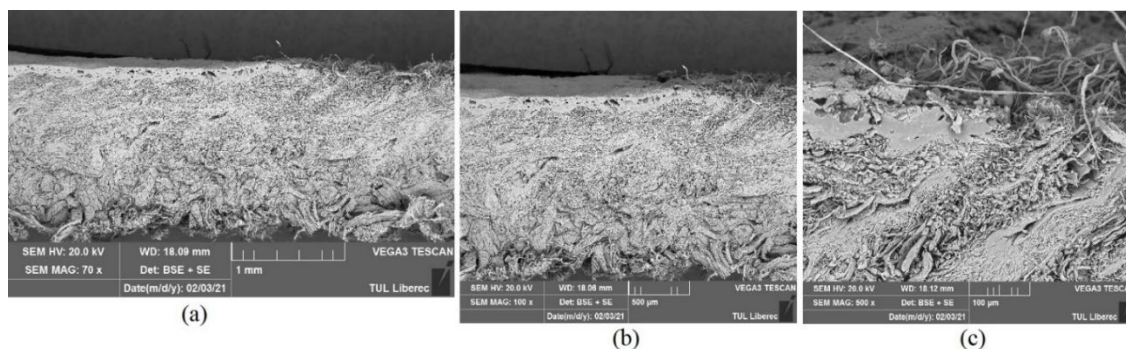
### **Dílčí závěr**

Po několika vyzkoušených metodách rozmělnění odpadu z kůže do požadované podoby bylo usouzeno, že struhadlo se jeví jako nejlepší metoda rozmělnění s ohledem na dostupnost vybavení.



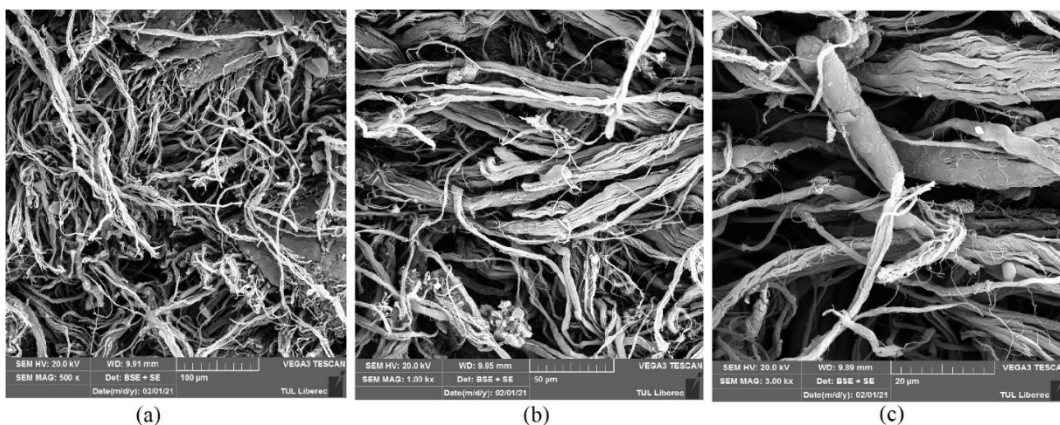
**Obr. 8** Odpad z kůže rozmělněný struhadlem

Na TUL byly pro lepší představu o odpadu z kůže vytvořeny snímky na elektronovém mikroskopu. Na jednom ze vzorků odpadu z kůže o rozměrech 13 x 20 cm byla úmyslně struhadlem poškozena (nastrouhána) část a následně byly vytvořeny snímky na elektronovém mikroskopu. Vytvořené snímky zajistí zřetelně viditelný rozdíl nepoškozené a poškozené struktury kůže. Zároveň byly vytvořeny snímky samotné výchozí rozvolněné směsi z kůže.



**Obr. 9** Elektronová mikroskopie – řez, různá zvětšení (viz a, b, c)

Na obrázku č. 9 lze sledovat řez odpadem z kůže při různých zvětšení. Na obrázku (a) lze vidět v levé horní části nepoškozený povrch (pokožku) a v pravé horní části povrch poškozený struhadlem. Hustota vláken je značná.



**Obr. 10** Elektronová mikroskopie – poškozená vlákna, různá zvětšení (viz a, b, c)

Na obrázcích č. 10 (a), (b) a (c) jsou vidět jednotlivá vlákna kůže, která byla poškozena struhadlem. Vlákna, vyčnívající z povrchu jsou velmi jemná a tenká. Tato kolagenová vlákna budou dále využita při experimentech.

#### **Rozvolněná směs odpadu z kůže**

Potřeba je získat takovou rozvolněnou směs z kůže, která neobsahuje žádné větší kousky kůže. Taková směs lze vidět na obr. č. 11, která byla rozmělněna struhadlem.



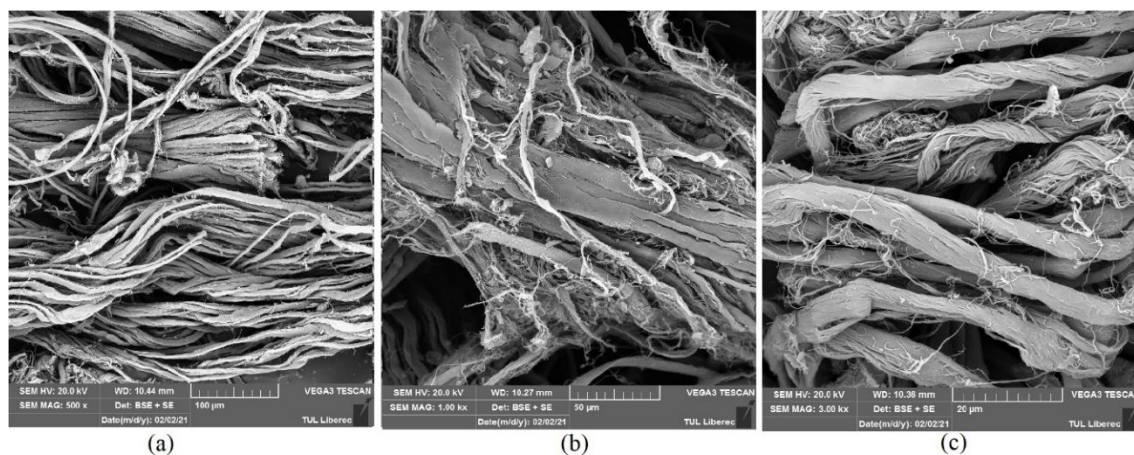
**Obr. 11** Výchozí rozvolněná směs z kůže

Z jednoho vzorku o rozměrech 13 x 20 cm lze získat cca 5 g rozmělněné směsi z kůže.

Důležitost spočívá v zobrazení rozmělněných vláken a jejich detailní struktuře. Strukturu lze sledovat na obr. č. 12 a 13.



**Obr. 12** Elektronová mikroskopie – rozvolněná vlákna kůže



**Obr. 13** Elektronová mikroskopie – rozvolněná kůže

Největší problém nastává ve chvíli, kdy se vlákna shlukují a vytvářejí nehomogenity rozmělněné směsi z kůže. Shlukování vláken je přirozeným efektem kůže. Tento nežádoucí efekt má velký vliv na rovnoměrnost výsledné vrstvy. Separace vláken byla předmětem dalších experimentů.

Zprvu bylo důležité stanovit metodu rozmělnění, poté zvolení vhodného pojiva a dále metodu vytvoření vrstvy.

### 5.3. Volba vhodného pojiva

Je třeba zachovat co nejvíce vlastností, které má sama pravá kůže. Ke zlepšení vlastností přispívají také vhodně zvolená pojiva, která jsou uvedena v této podkapitole. Vlastnosti výsledného produktu se odvíjí od jeho zvoleného pojiva. Pojivem se docílí ucelená vrstva, která sníží viditelnou nedokonalost povrchu způsobenou většími kousky nerozmělněné kůže.

Cílem práce je vytvořit produkt, který se svými vlastnostmi bude nejvíce přibližovat pravé kůži. Pojiv, kterých lze využít při tvorbě vrstvy je velké množství, ne všechna pojiva jsou však vyhovující z hlediska výsledných vlastností. Proto jsou uvedena pojiva, která by mohla svými vlastnostmi přispět k vlastnostem výsledného produktu. Pojiva byla vybrána na základě odborných článků a zkušeností. V další části práce budou finálně vybrána dvě pojiva, která se budou nanášet na finální vzorky větších rozměrů. Vzorky budou poté testovány vybranými zkouškami.

#### Možná pojiva

Před zahájením nanášení různých pojiv na vzorky je důležité zaměřit se na prostudování možných pojiv. Pojiva budou sloužit k vytvoření a zpevnění plošného výrobku, který bude zhotoven z dostupných vzorků rozmělněných odpadů kůží. Jednou z možností je použití přírodního pojiva – kaseinu.

Kasein je dle [18]: „hlavní bílkovina nacházející se v kravském mléce. Hlavní složkou této vlákniny jsou kaseinové proteiny. Kasein má vynikající vlastnosti – propustnost vzduchu, odolnost vůči plísním, hmyzu a stárnutí. Má antibakteriální prvky a pH podobné lidské pokožce, pomáhá absorbovat vlhkost, biologicky se odbourává, je obnovitelný. Kasein má tendenci snadno absorbovat vlhkost, vlákna bobtnají a měknou. Při zvyšování teploty se mohou stát plastickými. Za normálních podmínek je kasein stabilní vůči kyselinám, ale je citlivý na alkálie. Vlákna poskytují dobrou tepelnou izolaci. Kasein má bio potenciál, tím pádem je zde obrovská výhoda, a to šetrnost

k životnímu prostředí.“ Pojivo se dá běžně zakoupit (1 kg cca 600 Kč). Cenově je pojivo dostupné.

Další alternativou pojiva je arabská guma. Arabská guma je dle knihy: „*pryskyřice získána z určitých druhů stromu akácie, které rostou hlavně v africké oblasti Sahe v Súdánu. Využití se datuje od druhého tisíciletí před naším letopočtem, kdy jej Egypťané používali jako lepidlo a inkoust. Využívá se tak dodnes, a to ve velkém množství průmyslového odvětví – textil, keramika, kosmetika, farmaceutika, potraviny apod. V potravinářském průmyslu se používá jako stabilizátor a zahušťovadlo či emulgátor. V případě této diplomové práce bude arabská guma využita pro zpevňovací účely. Arabská guma má ve srovnání s jinými gumami vysokou rozpustnost ve vodě a relativně nízkou viskozitu. Má také antioxidační vlastnosti.*“ [19] Používá se jako přírodní pojivo vzhledem k vynikajícím filmotvorným a adhezivním vlastnostem. Arabská guma je potravinářsky schválena, což se dá opět považovat za výhodu – pozitivní dopad na životní prostředí. Vytváří tuhý lesklý povlak, čímž by se dala vytvořit pevnější vrstva, se kterou by se dále lépe manipulovalo a předcházelo by se také napadáním hmyzu. Cenově se pohybuje stejně jako kasein.

Kožní klich je jedna z dalších možností využití. Kožní klich se vyrábí vyluhováním nečinných kůží teplou vodou. Kvalitní kožní klich je vyráběn z králíčí a zaječí kůže. Kožní klich se vyznačuje optickou stálostí, čímž se má namysli, že nežloutne či nehnědne. Zároveň je tento klich vysoce lepivý, což zaručí spojení jednotlivých vláken. Výrobce: Ceiba.

Čistý kasein a kožní klich by měly fungovat jako bio pojiva, která drží směs kůže pohromadě. Tyto dva druhy přírodního pojiva se nabízí jako ideální zpevňovací řešení, přičemž se dají považovat za bio kompozitní materiály.

Další možností pojení je disperzní pojivo Planatol Elasta N (polyvinylacetát), cena lepidla je 350 Kč/kg. Pojivo se využívá pro lepení knih. Svými vlastnostmi je považován za pojivo vhodné ke zpevnění výsledné vrstvy z rozmělněné směsi vláken. Alternativou je pojivo využívající se pro netkané textilie. Jedním z těchto pojiv je Collano DP 7011, které je založeno na vodní disperzi. Druhým, podobným pojivem pro netkané textilie je Acronal LA471S (BASF). Pojivo Acronal od výrobce BASF je vodní

disperze tepelně zesíťujícího kopolymeru akrylového esteru. Pojiva využívané pro netkané textilie se jeví jako vhodnější pro zpevnění výsledné vrstvy.

Jako pojivo by se dal využít i polyethylen vzniklý roztavením polyethylenových lahví. Či různé druhy vosků. Pro diplomovou práci jsou však vybrána pojiva uvedena následně.

Pro účely diplomové práce bylo vybráno několik pojiv, ze kterých se následným porovnáním vyberou dvě pojiva, která budou sloužit k dalšímu postupu experimentální práce. Vybraná pojiva nanášena na vzorky malých rozměrů:

- kožní klič
- kasein
- disperzní lepidlo Planatol Elasta N
- pojivo Collano DP 7011 pro netkané textilie
- pojivo Acronal LA471S (BASF) pro netkané textilie

## 5.4. Vytváření výsledné vrstvy a nanášení pojiv

### 5.4.1. Předběžné experimenty

Zprvu se mezi sebou porovnávala dvě pojiva – kožní klič a kasein. Pojiva kožní klič a kasein byla jednotlivě smíchána s rozmělněnou směsí z kůže a dále nanášena na teflonovou destičku viz následující obr.



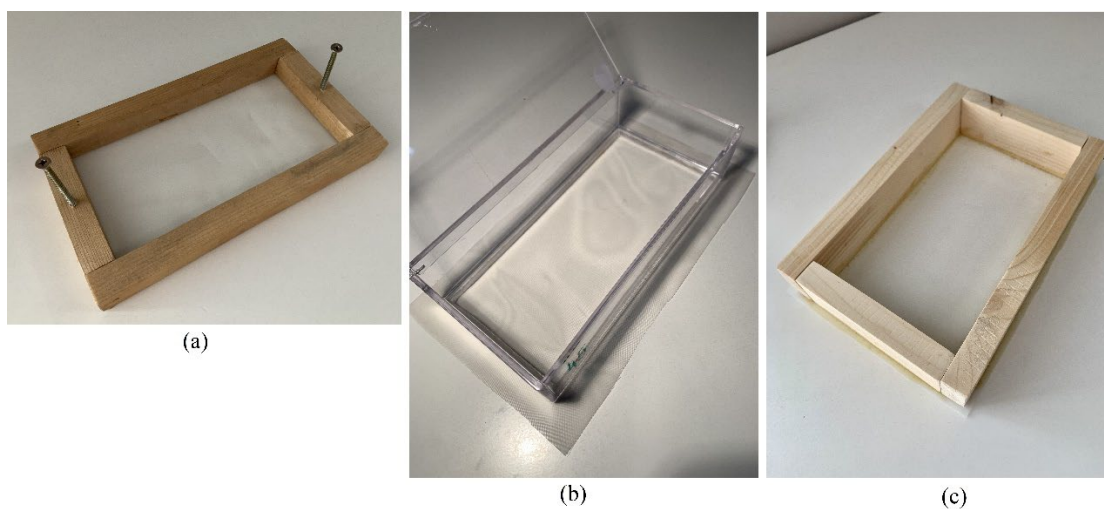
**Obr. 14** Porovnání pojiv

Na obrázku č. 14 lze na levé straně pozorovat vzorek – kožní kliš s rozvolněnou směsí a na pravé straně lze vidět vzorek – kasein s rozvolněnou směsí. Oba vzorky se nechaly zaschnout. Při experimentu bylo zjištěno, že je velmi složité vytvořit rovnoměrnou vrstvu rozmělněné směsi. Proto další experimenty směřovaly také k dosažení lepší, rovnoměrnější vrstvy.

Bylo zjištěno, že není vhodné nanášet smíchaná pojiva s rozmělněnou směsí. Vhodné pojivo bude naneseno až po vytvoření výsledné vrstvy papírenskou technologií popsanou níže. Nejprve bylo tedy třeba vytvořit vzorky – rovnoměrné vrstvy pouze z rozvolněné směsi a vody, které se nechaly zaschnout. Po vytvoření vrstev z rozmělněné směsi z kůže se jevilo jako vhodné využít rozprašovač a nastříkat pojivo na vytvořenou vrstvu z rozmělněné směsi z kůže.

### **Vytvoření vrstvy sloužící k nanesení pojiva – papírenská technologie**

Pro experimenty bylo vytvořeno a použito několik sít různých velikostí (viz obr. č. 15), avšak nejlepší výsledek byl zajištěn sít s dřevěným rámem o vnitřních rozměrech síta 20 x 12 cm viz obr. č. 15 (c).



**Obr. 15** Vytvořená síta k experimentální práci

Aby bylo dosaženo lepší rovnoměrnosti a homogenity cílové vrstvy (zhotoveného na sítu), bylo nutné použít směs s vyšší hustotou vláken nebo více směsi s nižší hustotou vláken. Tím dojde ke zvětšení tloušťky experimentálního vzorku a případné nerovnoměrnosti nemají takový vliv na výsledné vlastnosti vzorku.

Z důvodu stále nerovnoměrné vrstvy se zkoumalo, zda by k separaci vláken došlo změnou pH roztoku (přidáním kyseliny octové nebo amoniaku). Bylo zkoumáno prostředí od kyselého až po alkalické. Ve srovnání s neutrálním prostředí nemá kyselina octová (pH 3) výrazný vliv na chování rozmělněné směsi vláken (co se týče separace vláken). V alkálii (amoniaku) se vlákna začala postupně rozkládat, z čehož vyplývá, že alkalické prostředí není vhodné pro další postupy. Z tohoto pokusu vyplývá, že přidání kyseliny octové nemá výrazný vliv, co se týče změny, tudíž se prostředí nechalo neutrální.

Pro další experimenty se využívala ověřená metoda – papírenská technologie (nanesení na síto). Z předem rozmělněné směsi struhadlem bylo vytvořeno několik vzorků. U vzorků se zkoumala nejlépe vhodná koncentrace.

Bylo hodnoceno několik možných koncentrací rozmělněné směsi z kůže s vodou. U nejvyšší koncentrace bylo zjištěno, že je vrstva příliš tenká a lze na ní pozorovat nestejnou a nerovnoměrnost rozmělněné směsi, viz obr. č. 16.



**Obr. 16** Vzorek s nejvyšší koncentrací rozmělněné směsi z kůže

Nejvhodnější koncentrace rozmělněné směsi z kůže s vodou byla zvolena jako 5 g rozmělněné směsi z kůže smíchané se 300 ml vody za použití papírenské technologie.

Bylo smícháno 5 g rozmělněné směsi se 300 ml vody a směs byla nalita na nově vytvořené plastové síto vložené do plastové misky, ve které již bylo 1000 ml vody. Pro urychlení experimentu byla nechána vrstva v sítu sušit v sušárně o teplotě 60 °C

cca 20 min. Vrstva byla ze síta sejmuta za vlhka a dosušena samostatně. Navýšením množství experimentální rozmělněné směsi byla docílena rovnoměrnější vrstva.

Podle této vhodně zvolené koncentrace se dále vytvářely další vrstvy, sloužící k nanášení různých druhů pojiv.

Nyní je již vhodně zvolená koncentrace, tudíž může být započato nanášení pojiva na vytvořené vrstvy. Na každý vzorek, který bude vytvořen bude naneseno pojivo.

Následně bylo na předem vytvořený vzorek naneseno předem připravené pojivo. Bylo hodnoceno pojivo – kasein smíchaný s amoniakem a u dalšího vzorku, vytvořený stejnou koncentrací, bylo hodnoceno pojivo – kasein smíchaný s kyselinou octovou. Amoniak a kyselina octová byly ke kaseinu přidány z důvodu nerozpuštění kaseinu v neutrálním prostředí. V zásaditém a kyselém prostředí se kasein lépe rozpustí. Příprava pojiv je popsána následovně.

- Kasein smíchaný s amoniakem

Následně bylo testováno předem zvolené pojivo. Pro lepší spojení vláken a pevnost vrstvy bylo vytvořeno pojivo – kasein. Bylo třeba rozmíchat 2 g kaseinu v zahřáté vodě (20 g) o 50 °C. Po zahřátí a rozpuštění kaseinu ve vodě byl pipetou přidán 1 ml amoniaku. Takto připravené pojivo bylo v tekutém stavu rozprášeno rozprašovačem na vysušený vzorek (na hrubou stranu, viz obr. č. 17 (a)). Vzorek byl položen na teflonové destičce. Samotný vzorek před rozprášením pojiva vážil 2,72 g a poté celková hmotnost pojiva a vzorku byla 6,9 g. Tento vzorek se nechal vysušit. Problém nastává ve smáčivosti pojiva. Pojivo neprosáklo na druhou stranu vzorku (viz obr. č. 17 (b)) a zároveň bylo ověřeno, že amoniak kůži tolik neprospívá, vzorek měl tendenci se stáčet. V prvních experimentech bylo hodnoceno pojivo kasein smíchaný s amoniakem jako vhodné, avšak v těchto experimentech se nanáší pojivo na předem připravenou vrstvu. Tudíž se pojivo nanášené na vytvořenou vrstvu může chovat jinak.

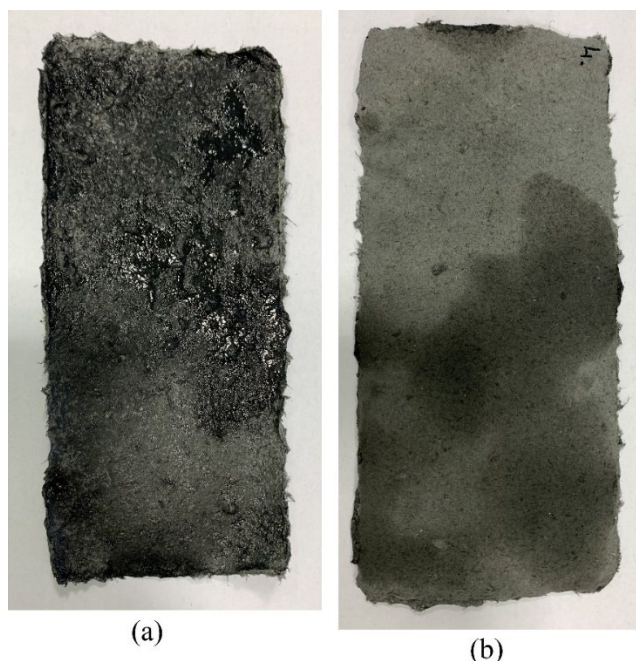


**Obr. 17** Hodnocení smáčivosti pojiva naneseného z jedné strany vzorku  
(kasein a amoniak)

Na další vzorek bylo nanášeno pojivo kasein s kyselinou octovou.

- Kasein a kyselina octová

Vzhledem k tomu, že kasein smíchaný s amoniakem se nejevil jako vhodným pojivem. Byla zkoušena stejná koncentrace pojiva, pouze se nahradil amoniak (zásadité prostředí) kyselinou octovou (kyselé prostředí). Byly smíchány 2 g kaseinu a 1 ml kyseliny octové ve vodě (20 g). Voda byla zahřáta na 50 °C a následně bylo pojivo v tekutém stavu rozprášeno na vysušený vzorek č. 4 (na hrubou stranu obr č. 18 (a)). Vzorek před naneseným pojivem vážil 3,02 g a po nanesení pojiva 8,91 g. Smáčivost pojiva byla lepší než u směsi kaseinu s amoniakem, viz obr. č. 18 (b). Další nanášení pojiva spočívala v nanášení z obou stran.



**Obr. 18** Hodnocení smáčivosti pojiva naneseného z jedné strany vzorku  
(kasein a kyselina octová)

Na dalším vzorku byla zkoumána reakce na pojivo nanesené z obou stran. Vzorek byl vizuálně hodnocen a technika nanášení pojiva z obou stran vzorku se jevila jako vyhovující, co se týče většího zpevnění vrstvy a smáčení pojiva.

Po zhodnocení, zda jsou již nanesená pojiva vhodná pro další část experimentální práce bylo zjištěno, že se vzorky příliš nepodobají pravé kůži. Z tohoto důvodu bylo třeba testovat pojiva znovu. Pro lepší porovnání se testovala znovu pojiva, která byla již nanesena a spolu s tím další pojiva. Nově testovaná pojiva jsou uvedena v tabulce č. 1. Pro tento pokus bylo nutné vytvořit nový vzorek, který byl po vysušení následně rozstříhán na jednotlivé části, na které byla nanášena jednotlivá pojiva.

Vzorek byl rozstříhán na pět přibližně stejně velkých částí, na kterých se hodnotila jednotlivá pojiva. Na jednotlivé vzorky o rozměrech 8 x 3,5 cm byla nanesena přiřazená pojiva z obou stran vzorků. Tento postup se zopakoval, tzn. každý vzorek má nanesené dvě vrstvy pojiva z každé strany. Každý vzorek byl po nastříkání jednoho nánosu pojiva vysušen v sušárně o teplotě 60 °C a poté naneseno další množství pojiva, viz obr č. 19.

**Tab. 1** Různé druhy pojiv, jejich koncentrace a postup smíchání

|             | Vzorky                                                                                |                                                                                          |                                                                                                                             |                                                               |                                                                |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
|             | A                                                                                     | B                                                                                        | C                                                                                                                           | D                                                             | E                                                              |
| Směs        | Kasein +<br>amoniak                                                                   | Kasein +<br>kyselina<br>octová                                                           | Kožní klič +<br>voda                                                                                                        | Disperzní<br>lepidlo<br>Planatol<br>Elasta N<br>+ voda<br>1:1 | Disperzní<br>lepidlo<br>Planatol<br>Elasta N<br>+ voda<br>1:10 |
| Koncentrace | 2 g kaseinu<br>20 g vody<br>1 ml<br>amoniaku                                          | 2 g kaseinu<br>20 g vody<br>1 ml kyseliny<br>octové                                      | 2 g kožního kliču<br>20 g vody                                                                                              | 5 g<br>lepidla<br>5 g vody                                    | 2 g<br>lepidla<br>20 g<br>vody                                 |
| Postup      | Byl smíchán<br>kasein<br>s vodou a po<br>zahřátí na<br>60 °C byl<br>přidán<br>amoniak | Byl smíchán<br>kasein<br>s vodou a<br>kyselinou<br>octovou a<br>zahříváno se<br>na 60 °C | Byl smíchán<br>kožní klič<br>s vodou, 5 minut<br>byl kožní klič<br>nechán nabobtnat<br>a poté byla směs<br>zahřáta na 60 °C | Bylo smícháno<br>lepidlo s vodou                              |                                                                |



**Obr. 19** Hodnocení pojiv

Po rozprášení pojiv na jednotlivé vzorky (viz obr. č. 19) a následném vysušení v sušárně byl hodnocen vzhled a pevnost omakem. Úkolem bylo zhodnotit jaký vzorek se nejvíce přibližuje pevností a tuhostí pravé přírodní kůže.

Na vzorek A bylo nanášeno pojivo kasein a amoniak. Toto pojivo se nejevilo jako vhodné pro další experimenty, jelikož je vzorek velmi pevný a při ohybu praská. Avšak jeho pevnost je vysoká.

Na vzorek B bylo nanášeno pojivo kasein a kyselina octová. Nanášené pojivo vytváří lesklý povrch, při ohybu opět praská. Přestože je na vzorek B nanášeno nejvíce pojiva oproti ostatním vzorkům, pevnost vzorku není příliš vysoká. Z tohoto hlediska není doporučeno toto pojivo pro další experimenty.

Na vzorek C bylo nanášeno pojivo kožní kůže. Vzorek je velmi tuhý oproti ostatním vzorkům. Omakem se nepřibližuje pravé kůži, avšak při ohybu nepraská a je velmi pevný. Je možné, že stačí upravit koncentraci pojiva s vodou.

Na vzorek D bylo nanášeno disperzní lepidlo Planatol Elasta N v poměru 1:1. Vzorek je tuhý, ale ne natolik tuhý, aby se nepřibližoval pravé kůži. Výhodou lepidla je, že je vzorek velmi pevný a zároveň měkký a ohebný.

Na vzorek E bylo nanášeno disperzní lepidlo Planatol Elasta N v poměru 1:10. Vzorek se svou celkovou podobou přibližuje nejvíce pravé kůži. Struktura je jemná, lepidlo nevytváří žádný film. Tuhostí je vzorek podobný pravé kůži. Pevnost vzorku je velmi vysoká. Vzorek je příjemný na omak, měkký a zároveň velmi pevný, což jsou vlastnosti pravé kůže.

Pokud by měl výsledný produkt sloužit např. k oděvním účelům. Je důležité, aby dostatečně odolával vodě. Proto byly vzorky vystaveny vodě. Chování vzorků ve vodě je uvedeno v tabulce č. 2.

**Tab. 2** Chování vzorků ve vodě a po vyndání z vody

| Vzorek            | A                             | B                              | C                              | D                                                  | E                                                  |
|-------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Po 5 min          | Vzorek klesl ke dnu           | Vzorek zůstává na povrchu vody | Vzorek zůstává na povrchu vody | Vzorek změnil barvu z černé na světle šedivou      | Vzorek zůstává beze změny                          |
| Po 10 min         | Vzorek začal pouštět barvivo  | Bez dalších změn               | Bez dalších změn               | Barva stejná                                       | Bez dalších změn                                   |
| Po hodině         | Bez dalších změn              |                                |                                |                                                    |                                                    |
| Po vyndání z vody | Vzorek vykazuje menší pevnost | Vzorek je stále pevný          | Vzorek je pevný a ohebný       | Vzorek vykazuje menší pevnost, ale dobrou ohebnost | Vzorek vykazuje menší pevnost, ale dobrou ohebnost |

Ve vroucí vodě se vzorek B smrštil.

Z předešlých testování vychází, že pro další experimenty se jeví kožní kliš a disperzní lepidlo jako vhodná pojiva. Proto byly v dalších experimentech testovány jejich různé koncentrace.

Bylo nutné vytvořit další vzorek. Vzorek byl opět rozstříhán na 10 přibližně stejně velkých částí, na kterých se hodnotily různé koncentrace pojiv – kožní kliš a disperzní lepidlo. Na jednotlivé vzorky o rozměrech 5,5 x 4 cm byly nanášeny různé koncentrace dvou pojiv. Tento postup se zopakoval, tzn. každý vzorek má nanášené dvě vrstvy pojiva z každé strany. Po nanášení pojiva byl vzorek usušen v sušárně o teplotě 60 °C.

Některé koncentrace již byly testované, proto je třeba je doplnit dalšími.

**Tab. 3** Různé koncentrace zvolených pojiv – kožní kliš a disperzní lepidlo

|             | Vzorky                                           |                                                   |                                                                                                           |                                |                                |
|-------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|             | F                                                | G                                                 | H                                                                                                         | I                              | J                              |
| Směs        | Disperzní lepidlo<br>Planatol<br>Elasta N<br>1:5 | Disperzní lepidlo<br>Planatol<br>Elasta N<br>1:15 | Kožní kliš<br>+ voda<br>1:15                                                                              | Kožní kliš +<br>voda<br>1:20   | Kožní kliš +<br>voda<br>1:25   |
| Koncentrace | 2 g lepidla<br>10 g vody                         | 1 g lepidla<br>15 g vody                          | 2 g kožního klišu<br>30 g vody                                                                            | 2 g kožního klišu<br>40 g vody | 2 g kožního klišu<br>50 g vody |
| Postup      | Bylo smícháno lepidlo s vodou                    |                                                   | Byl smíchán kožní kliš s vodou, 5 minut byl kožní kliš nechán nabobtnat a poté byla směs zahřáta na 60 °C |                                |                                |

Protože se pracuje již s vybranými pojivy a jejich koncentracemi, je důležité mít přehled ve vzorcích. Proto jsou vytvořeny tabulky č. 4 a 5, ve kterých jsou přehledně uspořádané koncentrace pojiv.

**Tab. 4** Upořádané koncentrace kožního klišu s vodou

|                     | Vzorky                                                                                                    |                                |                                |                                |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|                     | C                                                                                                         | H                              | I                              | J                              |
| Poměr ředění pojiva | 1:10                                                                                                      | 1:15                           | 1:20                           | 1:25                           |
| Směs                | Kožní kliš + voda                                                                                         |                                |                                |                                |
| Koncentrace         | 2 g kožního klišu<br>20 g vody                                                                            | 2 g kožního klišu<br>30 g vody | 2 g kožního klišu<br>40 g vody | 2 g kožního klišu<br>50 g vody |
| Postup              | Byl smíchán kožní kliš s vodou, 5 minut byl kožní kliš nechán nabobtnat a poté byla směs zahřáta na 60 °C |                                |                                |                                |

**Tab. 5** Upořádané koncentrace disperzního lepidla Planatol Elasta N s vodou

|                     | Vzorky                                     |                          |                          |                          |
|---------------------|--------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                     | D                                          | F                        | E                        | G                        |
| Poměr ředění pojiva | 1:1                                        | 1:5                      | 1:10                     | 1:15                     |
| Směs                | Disperzní lepidlo Planatol Elasta N + voda |                          |                          |                          |
| Koncentrace         | 5 g lepidla<br>5 g vody                    | 2 g lepidla<br>10 g vody | 2 g lepidla<br>20 g vody | 1 g lepidla<br>15 g vody |
| Postup              | Bylo smícháno lepidlo s vodou              |                          |                          |                          |

Vzorky se ve vodě chovaly téměř všechny stejně. Téměř všechny mají dobrou odolnost vůči vodě.

Z experimentů bylo zjištěno, že by stačil pouze jeden nános pojiva. Dva nánosy pojiva z obou stran vzorku vykazují známky větší tuhosti a zároveň není ekonomicky výhodné dvakrát sušit vzorky kvůli jejich dvěma nánosům z obou stran. Proto byly znovu vytvořeny malé vzorky a testovalo se, zda je jeden nános pojiva vyhovující.

Byl vytvořen vzorek na sítu s dřevěným rámem o rozměrech 20 x 12 cm. Vzorek byl opět rozstříhán na stejně velké části, na kterých se hodnotily různé koncentrace pojiv – kožní klič a disperzní lepidlo. Rozdíl v předešlém experimentu je v tom, že na tyto vzorky je rozprášeno pojivo pouze jednou z obou stran. Tzn. druhý nános pojiva byl vynechán. Na jednotlivé vzorky o rozměrech 4 x 3 cm byly jednou nanесeny různé koncentrace dvou pojiv. Koncentrace pojiv byly smíchány stejně jako v tabulce č. 4 a 5. Vzorky byly označeny stejným abecedním písmenem jako předešlé s označením 1 jako jeden nános z obou stran vzorku.

Z experimentu nanесení dvou pojiv různých koncentrací jedním nánosem vychází, že jeden nános pojiva postačí k finálním experimentům. Jeden nános pojiva se pozitivně odrazí také v budoucím procesu výroby produktu. Po každém nánosu je třeba operace vysušení, což je finančně velmi náročná operace.

Disperzní lepidlo Planatol Elasta N se jeví jako vhodné lepidlo pro další experimenty, přesto bylo vyzkoušeno alternativní disperzní lepidlo AKRYLEP 545x1. Byly vyzkoušeny dvě různé koncentrace lepidla s vodou viz tabulka č. 6.

**Tab. 6** Koncentrace disperzního lepidla AKRYLEP 545x1

|                     | Vzorky                                 |             |
|---------------------|----------------------------------------|-------------|
|                     | K                                      | L           |
| Poměr ředění pojiva | 1:1                                    | 1:10        |
| Směs                | Disperzní lepidlo AKRYLEP 545x1 + voda |             |
| Koncentrace         | 5 g lepidla                            | 2 g lepidla |
|                     | 5 g vody                               | 20 g vody   |
| Postup              | Bylo smícháno lepidlo s vodou          |             |

Alternativní disperzní lepidlo AKRYLEP 545x1 vykazuje velmi podobné vlastnosti jako disperzní lepidlo Planatol Elasta N. Avšak testované budou další pojiva určené přímo na netkané textilie.

I přesto, že disperzní lepidlo Planatol Elasta N se jeví jako vhodné pro další experimenty, budou testovány další pojiva, která jsou určena přímo na netkané textilie. Pojiva pro netkané textilie jsou tomuto materiálu bližší. Dalšími pojivy, která budou testována jsou: Collano DP 7011 a Acronal LA471S. Tato pojiva budou zprvu nanášena na vzorky menších rozměrů.

Bylo třeba opět vytvořit vzorky malého provedení (4 x 3 cm), na které se nanesou různé koncentrace testovaných pojiv. Z těchto dvou pojiv bude vybráno jedno, které bude následně naneseno na finální velké vzorky. Různé koncentrace lepidla Collano DP 7011 jsou uvedeny v tabulce č. 7. Vzorky byly označeny jako Q, R, S, T, U s dolním indexem MC1 jako **malé** vzorky, pojiva **Collano**, **jeden** nános z obou stran vzorku. Vzorky byly zasušeny v sušárně o teplotě 60 °C cca 30 min.

**Tab. 7** Různé koncentrace pojiva Collano DP 7011

|                        | Vzorky                        |                          |                          |                          |                          |
|------------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                        | Q <sub>MC1</sub>              | R <sub>MC1</sub>         | S <sub>MC1</sub>         | T <sub>MC1</sub>         | U <sub>MC1</sub>         |
| Poměr ředění<br>pojiva | 1:1                           | 1:5                      | 1:10                     | 1:15                     | 1:30                     |
| Směs                   | Lepidlo Collano + voda        |                          |                          |                          |                          |
| Koncentrace            | 5 g lepidla<br>5 g vody       | 2 g lepidla<br>10 g vody | 2 g lepidla<br>20 g vody | 1 g lepidla<br>15 g vody | 1 g lepidla<br>30 g vody |
| Postup                 | Bylo smícháno lepidlo s vodou |                          |                          |                          |                          |

V další tabulce jsou uvedeny různé koncentrace druhého testovaného lepidla určeného přímo na netkané textilie – Acronal LA471S. Vzorky byly označeny jako Q, R, S, T, U s dolním indexem MA1 jako **malé** vzorky, pojiva Acronal, **jeden** nános z obou stran vzorku.

**Tab. 8** Různé koncentrace pojiva Acronal LA471S

|                           | Vzorky                       |                          |                          |                          |                          |
|---------------------------|------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                           | Q <sub>MA1</sub>             | R <sub>MA1</sub>         | S <sub>MA1</sub>         | T <sub>MA1</sub>         | U <sub>MA1</sub>         |
| Poměr<br>ředění<br>pojiva | 1:1                          | 1:5                      | 1:10                     | 1:15                     | 1:30                     |
| Směs                      | Pojivo Acronal + voda        |                          |                          |                          |                          |
| Koncentrace               | 5 g lepidla<br>5 g vody      | 2 g lepidla<br>10 g vody | 2 g lepidla<br>20 g vody | 1 g lepidla<br>15 g vody | 1 g lepidla<br>30 g vody |
| Postup                    | Bylo smícháno pojivo s vodou |                          |                          |                          |                          |

Po vizuálním hodnocení bylo zjištěno, že vzorky s naneseným pojivem Collano DP 7011 vykazovaly známky lepidlosti. Vzorky s oběma druhy pojivy byly vystaveny zkoušce rozpustnosti ve vodě, poznatky shrnuje následující tabulka 9.

**Tab. 9** Chování vzorků ve vodě

|                    | Vzorky                                    |                          |                                                  |                               |                               |
|--------------------|-------------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                    | $Q_{MC1}$                                 | $R_{MC1}$                | $S_{MC1}$                                        | $T_{MC1}$                     | $U_{MC1}$                     |
| Po hodině působení | Vzorek více kluzký, avšak vzorek je pevný |                          |                                                  |                               |                               |
|                    | $Q_{MA1}$                                 | $R_{MA1}$                | $S_{MA1}$                                        | $T_{MA1}$                     | $U_{MA1}$                     |
| Po hodině působení | Vzorek zůstává beze změn                  | Vzorek zůstává beze změn | Vzorek zůstává beze změn, avšak pevnost je nižší | Vzorek vykazuje menší pevnost | Vzorek vykazuje menší pevnost |

Po zkoušce rozpustnosti ve vodě vykazují vzorky s pojivem Collano lepší mechanické vlastnosti, ale lepivost vzorků je nežádoucí. Z tohoto důvodu bylo pro čtyři finální vzorky vybráno pojivo Acronal LA471S, i přesto, že se snižující se koncentrací klesá pevnost vzorků. Pojivo pro netkané textilie vykazuje lepší vlastnosti než disperzní lepidlo. Pro finální vzorky bylo rozhodnuto, že různé koncentrace pojiva s vodou zůstanou stejné, avšak mezi koncentracemi 1:15 a 1:30 bude zvolena jedna koncentrace, a to 1:20.

#### 5.4.1. Finální postup přípravy rozmělněné kůže

Metoda rozmělnění kůže byla zvolena strouhání struhadlem. Následně byla zjištěna vhodná koncentrace rozmělněné směsi z kůže s vodou v poměru 5 g rozmělněné směsi z kůže smíchané se 300 ml vody. Z této směsi byly stejnou metodou vytvářeny vrstvy, které byly následně opatřeny dvěma druhy pojiv v různých koncentracích. Postup nanášení pojiva byl po několika experimentech zvolen jako nanášení pojiva rozprašovačem na předem vytvořené vrstvy. Nanášeno bude každé pojivo jedním nánosem z obou stran vzorku.

Po několika experimentech se došlo k závěru, že různé koncentrace přírodního pojiva kožního klišu s vodou a syntetického pojiva na netkané textilie Acronal LA471S se jeví jako vhodně zvolená pojiva pro tvorbu finálních produktů. Spolu s tím také jeden nános pojiva. Následně budou různé koncentrace dvou pojiv nanášeny na vzorky, které budou podléhat finálnímu testování vlastností. Budou vytvořeny čtyři vzorky, na které budou nanášeny různé koncentrace pojiva kožního klišu s vodou. V dalších experimentech budou zkoumány různé koncentrace pojiva na netkané textilie s vodou.

#### **Finální nanášení různých koncentrací přírodního pojiva – kožní kliš s vodou**

Finálně je již zvoleno první pojivo, které bude nanášeno na vytvořené vzorky, a to přírodní pojivo – kožní kliš s vodou.

Zprvu bylo třeba vytvořit čtyři stejně velké rovnoměrné vrstvy, na které budou nanášeny různé koncentrace pojiva kožního klišu s vodou. Různé barvy rozmělněných směsí z odpadu z kůží byly smíchány dohromady pro zachování stejných nebo alespoň co nejvíce podobných podmínek vrstev. Vzorky budou označeny M, N, O, P jako pokračování v abecedním seznamu s dolním indexem V1. Dolní index V1 značí velký vzorek s **jedním** nánosem pojiva z obou stran vzorku. Koncentrace nanášených pojiv jsou uvedeny v tabulce č. 10.

**Tab. 10** Různé koncentrace kožního klišu s vodou nanášené na finální vzorky

|                     | Vzorky                                                                                                    |                                |                                |                                |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|                     | M <sub>V1</sub>                                                                                           | N <sub>V1</sub>                | O <sub>V1</sub>                | P <sub>V1</sub>                |
| Poměr ředění pojiva | 1:10                                                                                                      | 1:15                           | 1:20                           | 1:25                           |
| Směs                | Kožní kliš + voda                                                                                         |                                |                                |                                |
| Koncentrace         | 2 g kožního klišu<br>20 g vody                                                                            | 2 g kožního klišu<br>30 g vody | 2 g kožního klišu<br>40 g vody | 2 g kožního klišu<br>50 g vody |
| Postup              | Byl smíchán kožní kliš s vodou, 5 minut byl kožní kliš nechán nabobtnat a poté byla směs zahřáta na 60 °C |                                |                                |                                |

Nejprve bylo třeba připravit vzorky, na které mohly být následně nanесeny různé koncentrace pojiva s vodou.

#### Vzorek M<sub>V1</sub>

Byl vytvořen vzorek na sítu s dřevěným rámem o rozměrech 20 x 12 cm. Bylo smícháno 5 g rozmělněné směsi se 300 ml vody. Směs byla nechána ve vodě po dobu jedné hodiny. Jednotlivá vlákna nabrala vodu a nabobtnala. Rozmělněná směs s vodou byla nalita na dřevěné síto vložené do plastové misky, ve které již bylo 1000 ml vody. Vysušen byl v sušárně o teplotě 60 °C cca 20 min. Nabobtnáním vláken se docílilo rovnoměrnější a ucelenější vrstvy.

#### Vzorek N<sub>V1</sub>

Postup byl stejný jako u vzorku M<sub>V1</sub>. Byl vytvořen vzorek na dřevěném sítu o rozměrech 20 x 12 cm. Bylo smícháno 5 g rozmělněné směsi se 300 ml vody. Směs byla nechána ve vodě po dobu jedné hodiny. Jednotlivá vlákna nabrala vodu a nabobtnala. Rozmělněná směs s vodou byla nalita na dřevěné síto vložené do plastové misky, ve které již bylo 1000 ml vody. Vysušen byl v sušárně o teplotě 60 °C cca 20 min. Nabobtnáním vláken se docílilo rovnoměrnější a ucelenější vrstvy.

#### Vzorek O<sub>V1</sub>

Byl vytvořen vzorek na dřevěném sítu o rozměrech 20 x 12 cm. Bylo smícháno 5 g rozmělněné směsi se 300 ml vody. Směs byla nechána ve vodě po dobu jedné hodiny. Jednotlivá vlákna nabrala vodu a nabobtnala. Rozmělněná směs s vodou byla nalita na

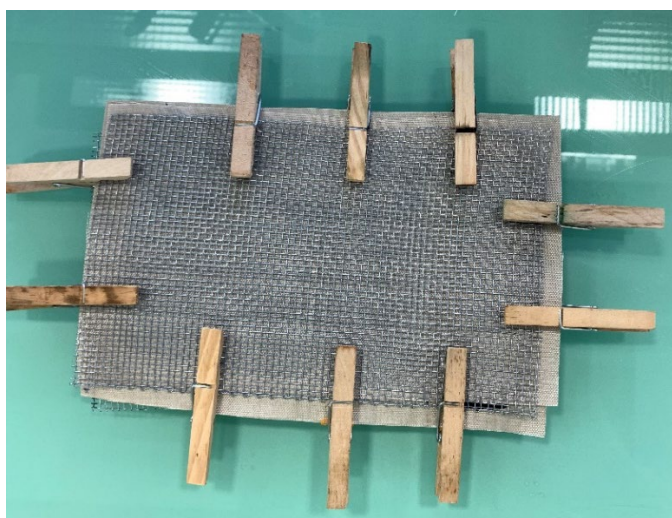
dřevěné síto vložené do plastové misky, ve které již bylo 1000 ml vody. Vysušen byl v sušárně o teplotě 60 °C cca 20 min. Nabobtnáním vláken se docílilo rovnoměrnější a ucelenější vrstvy.

#### Vzorek P<sub>V1</sub>

Byl vytvořen vzorek na dřevěném sítu o rozměrech 20 x 12 cm. Bylo smícháno 5 g rozmělněné směsi se 300 ml vody. Směs byla nechána ve vodě po dobu jedné hodiny. Jednotlivá vlákna nabrala vodu a nabobtnala. Rozmělněná směs s vodou byla nalita na dřevěné síto vložené do plastové misky, ve které již bylo 1000 ml vody. Vysušen byl v sušárně o teplotě 60 °C cca 20 min. Nabobtnáním vláken se docílilo rovnoměrnější a ucelenější vrstvy.

Připravené vzorky bylo možné opatřit připraveným pojivem.

Vzorky se nechaly sušit v sušárně mezi dvěma teflonovými destičkami a kovovou mřížkou zatíženou kolíčky sloužící k narovnání vrstvy při sušení. Viz obr. č. 20.



**Obr. 20** Vzorek připravený k sušení

Bylo třeba zjistit procentuální podíl sušiny naneseného pojiva a plošnou hmotnost jednotlivých vzorků. K tomu slouží tabulka č. 11. Procentuální podíl sušiny byl vypočten dle výpočetního vztahu (1).

$$\text{Procentuální podíl sušiny naneseného pojiva} = \frac{m_p}{m_c} * 100 [\%] \quad (1)$$

$m_p$  ... hmotnost naneseného pojiva [g]

$m_c$  ... hmotnost celková – hmotnost vzorku po nanesení pojiva a zasušení [g]

Plošná hmotnost vzorků byla vypočtena dle vztahu (2):

$$\rho_s = \frac{m}{S} [\text{g/m}^2] \quad (2)$$

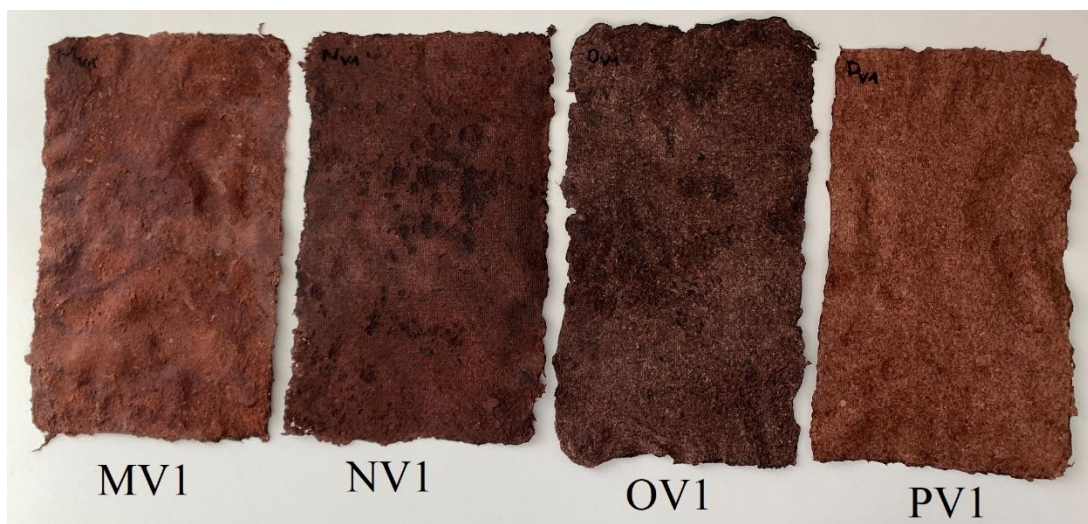
$m$  ... hmotnost vzorků po nanesení pojiva a zasušení [g]

$S$  ... plocha vzorku [ $\text{m}^2$ ]

Rozměry vzorků jsou 20 x 12 cm, tudíž je plocha vzorků 0,024  $\text{m}^2$ .

**Tab. 11** Procentuální podíl sušiny naneseného pojiva a plošná hmotnost vzorků (kožní kliš)

|                                                                               | Vzorky                         |                                |                                |                                |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|                                                                               | $M_{v1}$                       | $N_{v1}$                       | $O_{v1}$                       | $P_{v1}$                       |
| Poměr ředění pojiva                                                           | 1:10                           | 1:15                           | 1:20                           | 1:25                           |
| Koncentrace                                                                   | 2 g kožního klišu<br>20 g vody | 2 g kožního klišu<br>30 g vody | 2 g kožního klišu<br>40 g vody | 2 g kožního klišu<br>50 g vody |
| Hmotnost vzorku před nanesením pojiva                                         | 4,342 g                        | 4,923 g                        | 4,932 g                        | 4,949 g                        |
| Hmotnost vzorků po zasušení ( $m_c$ )                                         | 5,559 g                        | 6,102 g                        | 5,895 g                        | 5,640 g                        |
| <b>Množství nanesené sušiny pojiva (<math>m_p</math>)</b>                     | <b>1,217 g</b>                 | <b>1,179 g</b>                 | <b>0,963</b>                   | <b>0,691</b>                   |
| <b>Procentuální podíl sušiny pojiva</b>                                       | <b>21,9 %</b>                  | <b>19,3 %</b>                  | <b>16,3 %</b>                  | <b>12,3 %</b>                  |
| <b>Plošná hmotnost vzorků <math>\rho_s</math> [<math>\text{g/m}^2</math>]</b> | <b>232</b>                     | <b>254</b>                     | <b>246</b>                     | <b>235</b>                     |



**Obr. 21** Výsledné vzorky s různými koncentracemi pojiva kožního klišu s vodou

Při porovnání čtyř finálních vzorků vedle sebe bylo zjištěno, že pro testování je třeba nanést ještě jednu koncentraci kožního klišu s vodou. Vzorek byl označen jako  $U_{V1}$ , protože byla zjištěna jeho absence až po vytvoření vzorků s druhým pojivem. Avšak pro zachování návaznosti byl vzorek uveden v této části diplomové práce.

Vzorek  $U_{V1}$

Vzorek byl vytvořen stejným postupem jako předcházející. Byl vytvořen vzorek na dřevěném sítu o rozměrech 20 x 12 cm. Bylo smícháno 5 g rozmělněné směsi se 300 ml vody. Směs byla nechána ve vodě po dobu jedné hodiny. Jednotlivá vlákna nabrala vodu a nabobtnala. Rozmělněná směs s vodou byla nalita na dřevěné síto vložené do plastové misky, ve které již bylo 1000 ml vody. Vysušen byl v sušárně o teplotě 60 °C cca 20 min. Nabobtnáním vláken se docílilo rovnoměrnější a ucelenější vrstvy. Dodatečná koncentrace kožního klišu s vodou je 1:50, tzn. 2 g kožního klišu rozpuštěného ve 100 g vody stejným postupem jako předcházející. Vzorek byl opět sušen stejným způsobem jako předcházející.



**Obr. 22** Výsledný vzorek s pojivem kožní kliš s vodou (koncentrace 1:50)

Opět bylo třeba zjistit množství nanesené sušiny pojiva a vypočítat procentuální podíl sušiny naneseného pojiva. K tomu slouží tabulka č. 12.

Pro výpočet procentuálního podílu sušiny naneseného pojiva byl opět použit výpočetní vztah (1), pro výpočet plošné hmotnosti byl použit výpočetní vztah (2).

**Tab. 12** Procentuální podíl sušiny naneseného pojiva a plošná hmotnost vzorků (kožní kliš 1:50)

|                                                                     | Vzorek                          |
|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
|                                                                     | $U_{V1}$                        |
| Poměr ředění pojiva                                                 | 1:50                            |
| Koncentrace                                                         | 2 g kožního klišu<br>100 g vody |
| Hmotnost vzorku před nanesením pojiva                               | 4,826 g                         |
| Hmotnost vzorků po zasušení                                         | 4,351 g                         |
| <b>Množství nanesené sušiny pojiva</b>                              | <b>0,475 g</b>                  |
| <b>Procentuální podíl sušiny naneseného pojiva</b>                  | <b>10,9 %</b>                   |
| <b>Plošná hmotnost vzorku <math>\rho_s</math> [g/m<sup>2</sup>]</b> | <b>181</b>                      |

## **Finální nanášení různých koncentrací syntetického pojiva – Acronal LA471S s vodou**

Po rozprášení různých koncentrací pojiva kožního klihu s vodou bylo třeba nanést různé koncentrace druhého pojiva (syntetického).

Bylo třeba vytvořit nové čtyři vzorky o rozměrech 20 x 12 cm, kterým budou finálně testovány vybrané vlastnosti. Vzorky byly vytvořeny za stejných podmínek jako vzorky, na které byly nanесeny různé koncentrace pojiva kožního klihu s vodou. Vzorky budou označeny Q, R, S, T jako pokračování v abecedním seznamu s dolním indexem VA1. Dolní index VA1 značí velký vzorek, pojivo Acronal s **jedním** nánosem pojiva z obou stran vzorku.

### **Vzorek Q<sub>VA1</sub>**

Byl vytvořen vzorek na dřevěném sítu o rozměrech 20 x 12 cm. Bylo smícháno 5 g rozmělněné směsi se 300 ml vody. Směs byla nechána ve vodě po dobu jedné hodiny. Jednotlivá vlákna nabrala vodu a nabobtnala. Rozmělněná směs s vodou byla nalita na dřevěné síto vložené do plastové misky, ve které již bylo 1000 ml vody. Vysušen byl v sušárně o teplotě 60 °C cca 20 min. Nabobtnáním vláken se docílilo rovnoměrnější a ucelenější vrstvy.

### **Vzorek R<sub>VA1</sub>**

Postup byl stejný jako u vzorku M<sub>V1</sub>. Byl vytvořen vzorek na dřevěném sítu o rozměrech 20 x 12 cm. Bylo smícháno 5 g rozmělněné směsi se 300 ml vody. Směs byla nechána ve vodě po dobu jedné hodiny. Jednotlivá vlákna nabrala vodu a nabobtnala. Rozmělněná směs s vodou byla nalita na dřevěné síto vložené do plastové misky, ve které již bylo 1000 ml vody. Vysušen byl v sušárně o teplotě 60 °C cca 20 min. Nabobtnáním vláken se docílilo rovnoměrnější a ucelenější vrstvy.

### **Vzorek S<sub>VA1</sub>**

Byl vytvořen vzorek na dřevěném sítu o rozměrech 20x12 cm. Bylo smícháno 5 g rozmělněné směsi se 300 ml vody. Směs byla nechána ve vodě po dobu jedné hodiny. Jednotlivá vlákna nabrala vodu a nabobtnala. Rozmělněná směs s vodou byla nalita na dřevěné síto vložené do plastové misky, ve které již bylo 1000 ml vody. Vysušen byl

v sušárně o teplotě 60 °C cca 20 min. Nabobtnáním vláken se docílilo rovnoměrnější a ucelenější vrstvy.

#### Vzorek T<sub>VAl</sub>

Byl vytvořen vzorek na dřevěném sítu o rozměrech 20 x 12 cm. Bylo smícháno 5 g rozmělněné směsi se 300 ml vody. Směs byla nechána ve vodě po dobu jedné hodiny. Jednotlivá vlákna nabrala vodu a nabobtnala. Rozmělněná směs s vodou byla nalita na dřevěné síto vložené do plastové misky, ve které již bylo 1000 ml vody. Vysušen byl v sušárně o teplotě 60 °C cca 20 min. Nabobtnáním vláken se docílilo rovnoměrnější a ucelenější vrstvy.

Vzorky byly sušeny stejným způsobem jako finálních pět vrstev různých koncentrací kožního klišu s vodou. Koncentrace a procentuální podíl sušiny naneseného pojiva jsou uvedeny v tabulce č. 13.

Pro výpočet procentuálního podílu sušiny naneseného pojiva byl opět použit výpočetní vztah (1), pro výpočet plošné hmotnosti byl použit výpočetní vztah (2).

**Tab. 13** Procentuální podíl sušiny naneseného pojiva a plošná hmotnost vzorků (Acronal LA471S)

|                                                               | Vzorky                            |                                    |                                    |                                    |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
|                                                               | Q <sub>VAl</sub>                  | R <sub>VAl</sub>                   | S <sub>VAl</sub>                   | T <sub>VAl</sub>                   |
| Poměr ředění pojiva                                           | 1:1                               | 1:5                                | 1:10                               | 1:20                               |
| Koncentrace                                                   | 5 g pojiva<br>Acronal<br>5 g vody | 2 g pojiva<br>Acronal<br>10 g vody | 2 g pojiva<br>Acronal<br>20 g vody | 1 g pojiva<br>Acronal<br>20 g vody |
| Hmotnost vzorku před nanesením pojiva                         | 4,899 g                           | 4,512 g                            | 4,812 g                            | 4,612 g                            |
| Hmotnost vzorků po zasušení (m <sub>c</sub> )                 | 7,511 g                           | 5,051 g                            | 5,301 g                            | 4,812 g                            |
| <b>Množství nanesené sušiny pojiva (m<sub>p</sub>)</b>        | <b>2,612 g</b>                    | <b>0,539 g</b>                     | <b>0,489 g</b>                     | <b>0,200 g</b>                     |
| <b>Procentuální podíl sušiny pojiva</b>                       | <b>34,8 %</b>                     | <b>10,7 %</b>                      | <b>9,2 %</b>                       | <b>4,2 %</b>                       |
| <b>Plošná hmotnost vzorků ρ<sub>s</sub> [g/m<sup>2</sup>]</b> | <b>313</b>                        | <b>210</b>                         | <b>221</b>                         | <b>201</b>                         |



**Obr. 23** Výsledné vzorky s různými koncentracemi pojiva Acronal LA471S s vodou

Dále bylo třeba testovat samotnou vytvořenou vrstvu bez jakéhokoliv pojiva. Z tohoto důvodu byla vytvořena poslední finální vrstva. Byl vytvořen vzorek na dřevěném sítu o rozměrech 20 x 12 cm. Bylo smícháno 5 g rozmělněné směsi se 300 ml vody. Směs byla nechána ve vodě po dobu jedné hodiny. Jednotlivá vlákna nabrala vodu a nabobtnala. Rozmělněná směs s vodou byla nalita na dřevěné síto vložené do plastové misky, ve které již bylo 1000 ml vody. Vysušen byl v sušárně o teplotě 60 °C cca 20 min. Nabobtnáním vláken bylo docíleno rovnoměrnější a ucelenější vrstvy. Hmotnost vzorku: 4,510 g, rozměry 20 x 12 cm. Plošná hmotnost dle (2): 187,92 g/m<sup>2</sup>.



**Obr. 24** Vzorek sloužící k testování bez pojiva

## **Dílčí závěr**

Na vzorky byl aplikován systém pojiv různých koncentrací, z nichž byla vybrána dvě pojiva, která byla vyhodnocena jako vhodná pro finální nanášení na velké vzorky, které budou podrobeny testování. Byla vybrána dvě pojiva: přírodní pojivo (kožní kliš) a syntetické pojivo (Acronal LA471S). Na finální vzorky byly nanесeny různé koncentrace těchto dvou pojiv s vodou. Následně budou finální vzorky podrobeny testování a posléze bude určen účel využití. Finálně bude testováno jedenáct vzorků. Pět vzorků různých koncentrací kožního klišu s vodou, čtyři vzorky různých koncentrací pojiva na netkané textilie Acronal LA471S), jedna samostatně vytvořená vrstva bez jakéhokoliv pojiva a samotná kůže jako experimentální vzorek poskytnutý firmou BOS. Hmotnost pravé kůže 22,3417 g o rozměrech 23 x 15 cm.

## 6. Testování vlastností výsledného produktu

Za podmínky, že by produkt sloužil jako pevná deska ve stavebnictví, bylo by třeba testovat např. tepelnou vodivost, pevnost v tahu apod. Pokud by tedy produkt sloužil k oděvním účelům, je nezbytné testovat vlastnosti jako je: paropropustnost, prodyšnost, odolnost v oděru, které jsou uvedeny v následujících podkapitolách. Většina informací byla čerpána z [20].

Veškerá měření probíhají v laboratořích při teplotě okolního vzduchu. Je zapotřebí do jisté míry akceptovat naměřené nestejnoměrnosti.

Bude testováno jedenáct vzorků, které se porovnají navzájem. Pět vzorků s přírodním pojivem (různé koncentrace), čtyři vzorky se syntetickým pojivem (různé koncentrace), poté jeden vzorek (vrstva) bez pojiva a pro porovnání vzorek samotné pravé kůže. Vzorky budou následně podrobeny uvedeným zkouškám:

- Tepelná vodivost
- Paropropustnost
- Prodyšnost
- Pevnost v tahu
- Odolnost v oděru

Měření bylo zahájeno nedestruktivními testy – tepelná vodivost, paropropustnost, prodyšnost. Poté se testovala pevnost v tahu a odolnost v oděru.

### Podmínky měření:

- Teplota vzduchu: 22 °C
- Vlhkost vzduchu: 27%

Pro lepší představu byly vzorky finálně přejmenovány dle typu naneseného pojiva a jejich koncentrace. Např. označení vzorku: kožní kliš 1:10 značí, že na vzorek bylo nanášeno pojivo kožní kliš s vodou v koncentraci 1:10.

Byly provedeny série měření u každé testované vlastnosti, jednotlivé série měření jsou uvedeny v následujících podkapitolách.

## 6.1. Hodnocení tepelné vodivosti $\lambda$ [W/(m.K)]

Je jednou z vlastností materiálu, která spadá do tepelně izolačních vlastností. Je definována jako schopnost materiálu vést teplo. Na základě měření tepelné vodivosti lze určit tepelně izolační vlastnosti materiálu. Čím vyšší je tepelná vodivost, tím materiál lépe vede teplo, které prochází a jsou horší tepelně izolační vlastnosti materiálu. Na základě tepelného toku bylo vyvinuto měření tepelné vodivosti plošných textilií. Vybraný přístroj, sloužící k měření této vlastnosti je následně popsán.

### Přístroj Alambeta

Je jedním z nejznámějších principů měření: tloušťky, tepelné vodivosti, tepelného odporu, tepelné jímavosti a tepelného toku atd. Přístroj ALAMBETA byl vyvinutý na Technické univerzitě v Liberci Hesem a Doležalem.

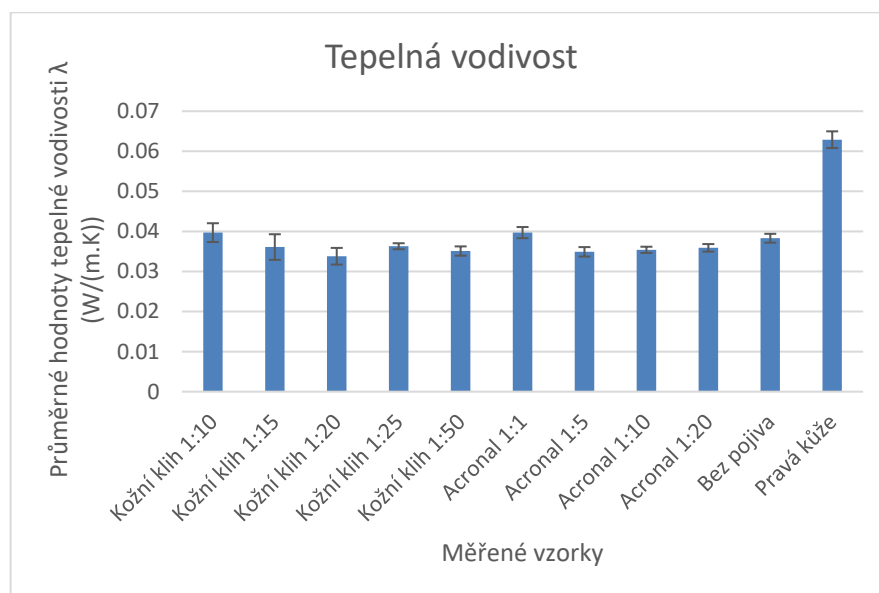
Vzorek se umístí na základovou desku přístroje a v horní části je snímač tepelného toku, který je připojený ke kovovému bloku. Během testování je vzorek umístěn mezi obě měřicí hlavy, přičemž obě mají snímače tepelného toku. V případě poklesu horní měřicí hlavy, která se dotkne vzorku, se změní náhlý přechodný tepelný tok, čímž se získají parametry jako je tepelná vodivost, tepelná absorptivita atp. [21]

K měření této charakteristiky byl použit přístroj Alambeta, vlastníci TUL. Tepelná vodivost byla hodnocena u všech jedenácti vzorků. Byla provedena tři měření, z nichž se vytvořily průměry, se kterými se dále pracovalo. Hodnoty tepelné vodivosti každého vzorku jsou uvedené v tabulce č. 14.

**Tab. 14** Naměřené hodnoty tepelné vodivosti  $\lambda$  (W/(m.K))

|                                                    | Měřené vzorky   | 1. měř. | 2. měř. | 3. měř. | Průměr<br>$\lambda$<br>(W/(m.K)) | Sm.<br>odch.  |
|----------------------------------------------------|-----------------|---------|---------|---------|----------------------------------|---------------|
| Kožní klič +<br>voda (různé<br>koncentrace)        | Kožní klič 1:10 | 0,0364  | 0,0416  | 0,0411  | <b>0,0397</b>                    | <b>0,0023</b> |
|                                                    | Kožní klič 1:15 | 0,0364  | 0,0320  | 0,0398  | <b>0,0361</b>                    | <b>0,0032</b> |
|                                                    | Kožní klič 1:20 | 0,0313  | 0,0364  | 0,0337  | <b>0,0338</b>                    | <b>0,0021</b> |
|                                                    | Kožní klič 1:25 | 0,0355  | 0,0361  | 0,0373  | <b>0,0363</b>                    | <b>0,0007</b> |
|                                                    | Kožní klič 1:50 | 0,0341  | 0,0367  | 0,0344  | <b>0,0351</b>                    | <b>0,0012</b> |
| Pojivo<br>Acronal +<br>voda (různé<br>koncentrace) | Acronal 1:1     | 0,0379  | 0,0413  | 0,0399  | <b>0,0397</b>                    | <b>0,0014</b> |
|                                                    | Acronal 1:5     | 0,0334  | 0,0349  | 0,0363  | <b>0,0349</b>                    | <b>0,0012</b> |
|                                                    | Acronal 1:10    | 0,0348  | 0,0349  | 0,0365  | <b>0,0354</b>                    | <b>0,0008</b> |
|                                                    | Acronal 1:20    | 0,0347  | 0,0360  | 0,0370  | <b>0,0359</b>                    | <b>0,0009</b> |
| Ostatní                                            | Bez pojiva      | 0,0382  | 0,0370  | 0,0397  | <b>0,0383</b>                    | <b>0,0011</b> |
|                                                    | Pravá kůže      | 0,0629  | 0,0603  | 0,0654  | <b>0,0629</b>                    | <b>0,0021</b> |

Následně byl vytvořen sloupcový graf, který zobrazuje průměry naměřených hodnot a zároveň vyobrazuje také chybové úsečky.

**Obr. 25** Porovnání průměrných hodnot tepelné vodivosti jednotlivých vzorků

U tepelné vodivosti platí, že čím je hodnota tepelné vodivosti nižší, tím je lepší tepelná izolace. Je na první pohled zřejmé, že pravá kůže má nejlepší tepelnou vodivost. Lze

říci, že rozmělněním kůže, vytvořením vrstvy a opatřením pojiva lze docílit dobré tepelně-izolační vlastnosti. Lepší než u samotné pravé kůže. V softwaru Excel byly vypočteny směrodatné odchylky (sm. odch.), pomocí kterých byly vyobrazeny chybové úsečky v grafu. Nejsou zaznamenány žádné významné odchylky.

### Dílčí závěr

Lze říci, že pravá kůže má horší tepelně-izolační vlastnosti. Hodnoty jednotlivých vrstev opatřené pojivem nepatrně kolísají, avšak odchylka od pravé kůže je značná. Z měření vyplývá, že vytvořené vzorky jak s přírodním pojivem, tak se syntetickým pojivem vykazují mnohem lepší známky tepelně-izolačních vlastností než pravá kůže.

### Tloušťka

Je třeba uvažovat nerovnoměrnost vzorků co se týče tloušťky, a to vzhledem k tomu, že nebyly zajištěny konstantní podmínky tvorby. Rozdíly v tloušťce mohou být způsobeny více faktory: tuhost vrstvy (nepřízpůsobení přtlaku). Tloušťka je měřena standardní metodou, avšak s ohledem na drsnost povrchu je nutné považovat hodnoty za orientační. Tloušťka může ovlivňovat naměřené hodnoty jednotlivých vlastností.

**Tab. 15** Naměřené hodnoty tloušťky jednotlivých vzorků

|                                                    | Měřené vzorky  | 1. měření | 2. měření | 3. měření | <b>Průměr<br/>h (mm)</b> |
|----------------------------------------------------|----------------|-----------|-----------|-----------|--------------------------|
| Koží kůže +<br>voda (různé<br>koncentrace)         | Koží kůže 1:10 | 2,48      | 3,27      | 3,02      | <b>2,92</b>              |
|                                                    | Koží kůže 1:15 | 1,38      | 0,82      | 0,87      | <b>1,02</b>              |
|                                                    | Koží kůže 1:20 | 0,82      | 2,49      | 0,93      | <b>1,41</b>              |
|                                                    | Koží kůže 1:25 | 2,05      | 1,82      | 2,07      | <b>1,98</b>              |
|                                                    | Koží kůže 1:50 | 1,94      | 2,28      | 2,15      | <b>2,12</b>              |
| Pojivo<br>Acronal +<br>voda (různé<br>koncentrace) | Acronal 1:1    | 0,92      | 1,14      | 0,94      | <b>1,00</b>              |
|                                                    | Acronal 1:5    | 1,32      | 1,27      | 1,07      | <b>1,22</b>              |
|                                                    | Acronal 1:10   | 1,58      | 1,39      | 1,45      | <b>1,47</b>              |
|                                                    | Acronal 1:20   | 1,09      | 1,23      | 1,14      | <b>1,15</b>              |
| Ostatní                                            | Bez pojiva     | 1,23      | 1,24      | 1,02      | <b>1,16</b>              |
|                                                    | Pravá kůže     | 1,33      | 1,26      | 1,30      | <b>1,30</b>              |

## 6.2. Hodnocení paropropustnosti $R_{et}$ [ $\text{Pa}\cdot\text{m}^2/\text{W}$ ]

Paropropustnost je tzv. propustnost vodních par do okolí. Je to vlastnost textilie převádět výpary do vnějšího prostředí. Měření probíhalo na přístroji Permetest, který je popsán následovně.

Permetest

Přístroj pracuje na principu tzv. SKIN MODELU, který je založen na simulaci lidské pokožky (vyhřívána, zvlhčovaná porézní deska, která je nazývána jako měřicí hlavice), kdy se hodnotí tepelný tok procházejícího povrchem tohoto tepelného modelu lidské pokožky. Princip spočívá v tom, že se na model lidské pokožky přiloží přes separační folii měřený vzorek, který je z vnější strany ofukován. Pomocí elektrické topné spirály a regulátoru se měřicí hlavice udržuje na teplotě okolního vzduchu (20-23 °C). Vlhkost v porézní vrstvě se mění v páru a ta prochází přes separační folii vzorkem. Měří se výparný tok, jehož hodnota je přímo úměrná paropropustnosti textilie.

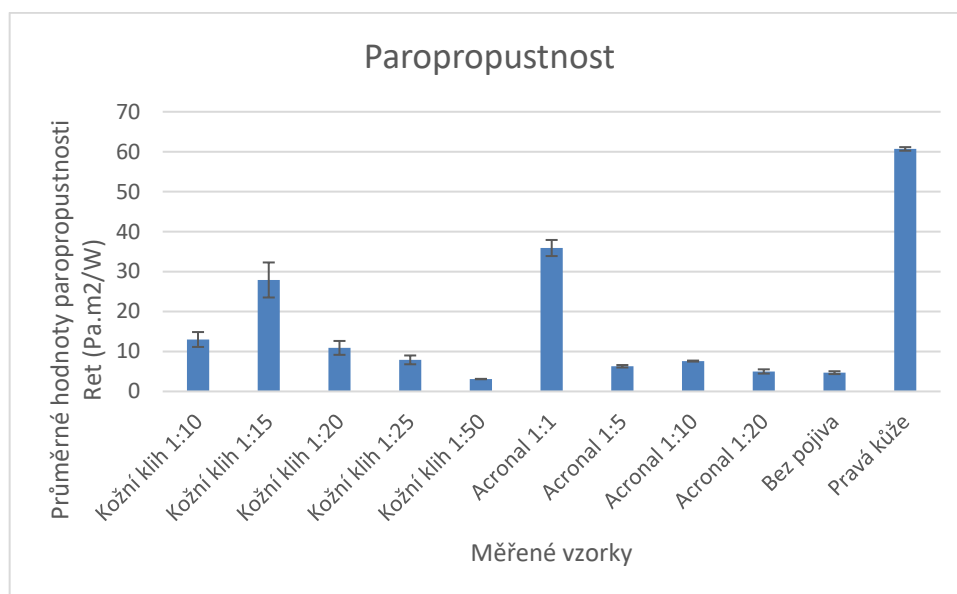
Paropropustnost byla měřena na přístroji PERMETEST na TUL. Byla provedena tři měření každého vzorku a z naměřených hodnot byl vytvořen průměr a směrodatné odchylky. Průměry a chybové úsečky jednotlivých měření byly zaznamenány na sloupcovém grafu na obr. č. 26.

Jednotlivé hodnoty paropropustnosti jsou uvedené v tabulce č. 16.

**Tab. 16** Naměřené hodnoty paropropustnosti Ret (Pa.m<sup>2</sup>/W)

|                                                    | Měřené vzorky  | 1.měř. | 2.měř. | 3.měř. | Průměr<br>Ret<br>(Pa.m <sup>2</sup> /W) | Sm.<br>odch. |
|----------------------------------------------------|----------------|--------|--------|--------|-----------------------------------------|--------------|
| Koží klič +<br>voda (různé<br>koncentrace)         | Koží klič 1:10 | 14,4   | 10,4   | 14,3   | <b>13,0</b>                             | <b>1,9</b>   |
|                                                    | Koží klič 1:15 | 34,1   | 24,3   | 25,4   | <b>27,9</b>                             | <b>4,4</b>   |
|                                                    | Koží klič 1:20 | 10,5   | 13,2   | 9      | <b>10,9</b>                             | <b>1,7</b>   |
|                                                    | Koží klič 1:25 | 9,2    | 7,9    | 6,5    | <b>7,9</b>                              | <b>1,1</b>   |
|                                                    | Koží klič 1:50 | 3,1    | 3,2    | 3,1    | <b>3,1</b>                              | <b>0,0</b>   |
| Pojivo<br>Acronal +<br>voda (různé<br>koncentrace) | Acronal 1:1    | 38,6   | 35,2   | 33,8   | <b>35,9</b>                             | <b>2,0</b>   |
|                                                    | Acronal 1:5    | 5,9    | 6,6    | 6,5    | <b>6,3</b>                              | <b>0,3</b>   |
|                                                    | Acronal 1:10   | 7,7    | 7,6    | 7,4    | <b>7,6</b>                              | <b>0,1</b>   |
|                                                    | Acronal 1:20   | 5,7    | 4,4    | 5      | <b>5</b>                                | <b>0,5</b>   |
| Ostatní                                            | Bez pojiva     | 5      | 4,2    | 4,9    | <b>4,7</b>                              | <b>0,4</b>   |
|                                                    | Pravá kůže     | 60,2   | 60,7   | 61,3   | <b>60,7</b>                             | <b>0,4</b>   |

Z uvedených hodnot byl vytvořen graf, na kterém lze pozorovat porovnání hodnot paropropustnosti jednotlivých vzorků.



**Obr. 26** Porovnání průměrných hodnot paropropustnosti jednotlivých vzorků

Pravá kůže má velmi špatnou paropropustnost. Avšak rozmělněním kůže a opatřením pojiv se docílila velmi dobrá paropropustnost. Konkrétně nejlepší paropropustnost má vzorek kožní kliš 1:50 – nejvyšší koncentrace kožního klišu (1:50). Čím menší hodnota paropropustnosti, tím lépe materiál dýchá. V softwaru Excel byly vypočteny směrodatné odchylky (sm. odch.), pomocí kterých byly vyobrazeny chybové úsečky v grafu. Nejsou zaznamenány žádné významné odchylky.

### **Dílčí závěr**

Z hlediska paropropustnosti byla opět nejhůře hodnocena pravá kůže oproti vytvořeným vzorkům. Lze sledovat, že čím vyšší je koncentrace pojiva, tím lepší je paropropustnost, není to však pravidlem. Přesto rozmělněním kůže, vytvořením vrstvy a následným opatřením pojiva lze dosáhnout mnohem lepší paropropustnosti, propustnosti pro vodní páry než u samotné pravé kůže.

### **6.3. Hodnocení prodyšnosti [mm/s]**

Prodyšnost je vlastnost textilie, u které se posuzuje množství prošlého vzduchu textilií, tzv. schopnost textilie “dýchat“. Tato mechanická vlastnost se vyznačuje zejména tím, že zde dochází k cirkulaci vzduchu uvnitř materiálu. Tím se vyrovnávají teplotní rozdíly spolu s odvodem tělesné vlhkosti. Pokud by se vytvořený materiál používal jako oděvní materiál, bylo důležité, aby byl materiál prodyšný. Prodyšností bude zajištěn komfort. Pro měření prodyšnosti se využívá přístroj FX 3300. Vytváří se tlakový rozdíl mezi oběma povrchy zkoušené textilie. Vznikem tlakového rozdílu je možné změřit průtok vzduchu.

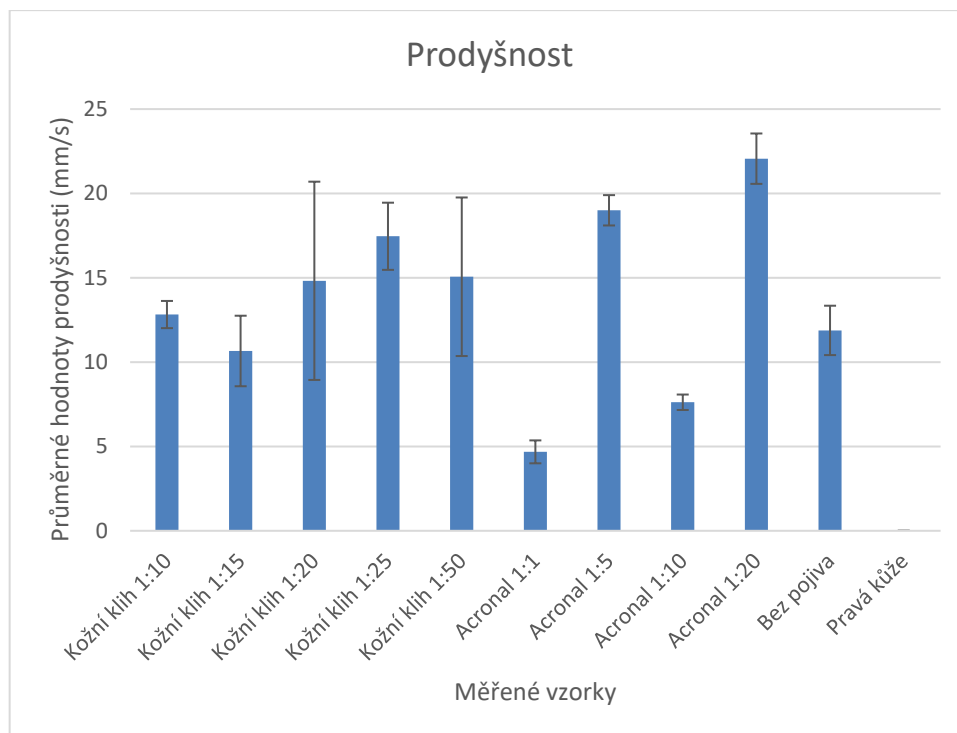
Prodyšnost byla měřena na přístroji FX3300 na TUL. Přítlak měřicí hlavice FX3300: 100 Pa. U každého vzorku bylo provedeno pět měření, z nichž byl vytvořen průměr a směrodatné odchylky, se kterými se dále pracovalo.

Jednotlivé hodnoty prodyšnosti jsou uvedeny v tabulce č. 17.

**Tab. 17** Naměřené hodnoty prodyšnosti (mm/s)

|                                           | Měřené vzorky    | 1.měř. | 2.měř. | 3.měř. | 4.měř. | 5.měř. | Průměr (mm/s) | Sm. odch.  |
|-------------------------------------------|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------|------------|
| Kožený klič + voda (různé koncentrace)    | Kožený klič 1:10 | 12,3   | 12,8   | 14,2   | 13     | 11,8   | <b>12,8</b>   | <b>0,8</b> |
|                                           | Kožený klič 1:15 | 9,7    | 14     | 9,2    | 8,3    | 12,1   | <b>10,7</b>   | <b>2,1</b> |
|                                           | Kožený klič 1:20 | 8,4    | 8,4    | 23,9   | 16,1   | 17,3   | <b>14,8</b>   | <b>5,9</b> |
|                                           | Kožený klič 1:25 | 19,5   | 15,9   | 20     | 14,9   | 17     | <b>17,5</b>   | <b>2,0</b> |
|                                           | Kožený klič 1:50 | 11,5   | 12,2   | 20,4   | 21,1   | 10,1   | <b>15,1</b>   | <b>4,7</b> |
| Pojivo Acronal + voda (různé koncentrace) | Acronal 1:1      | 5,6    | 5,1    | 4      | 3,8    | 4,9    | <b>4,7</b>    | <b>0,7</b> |
|                                           | Acronal 1:5      | 19,9   | 17,9   | 20,2   | 18,3   | 18,7   | <b>19</b>     | <b>0,9</b> |
|                                           | Acronal 1:10     | 8,2    | 7,8    | 6,8    | 7,6    | 7,7    | <b>7,6</b>    | <b>0,5</b> |
|                                           | Acronal 1:20     | 22,4   | 24,4   | 22,5   | 20     | 21     | <b>22,1</b>   | <b>1,5</b> |
| Ostatní                                   | Bez pojiva       | 14     | 13,3   | 10,7   | 10,6   | 10,8   | <b>11,9</b>   | <b>1,5</b> |
|                                           | Pravá kůže       | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | <b>0</b>      | <b>0</b>   |

Z naměřených hodnot byl vytvořen graf, který přehledně ukazuje prodyšnost a směrodatné odchylky jednotlivých vzorků.



**Obr. 27** Porovnání prodyšnosti jednotlivých vzorků

Pravá kůže je nejméně prodyšný materiál ze všech testovaných vzorků. Rozmělněním kůže a opatřením pojiv, jak přírodních, tak syntetických lze docílit lepší prodyšnosti, propustnosti pro vzduch. Prodyšnost vytvořených vzorků je  $\pm$  srovnatelná s hodnotami prodyšnosti bavlněného trička, které má prodyšnost dle Kinclové 12 mm/s. [22] V softwaru Excel byly vypočteny směrodatné odchylky (sm. odch.), pomocí kterých byly vyobrazeny chybové úsečky v grafu. U vzorků kožní kůže 1:20 a kožní kůže 1:50 jsou zaznamenány nejvyšší směrodatné odchylky. Kolísání naměřených dat může být způsobeno nestejnou vrstvou vzorku či nestejně naneseným pojivem.

### Dílčí závěr

V porovnání s pravou kůží se dosáhlo u vytvořených vzorků lepší prodyšnosti. Avšak není pravidlem, že syntetické pojivo zajišťuje dobrou prodyšnost. Nicméně v porovnání s pravou kůží je prodyšnost značná.

## 6.4. Hodnocení pevnosti v tahu $F$ [N]

Jednou z dalších mechanických vlastností textilních materiálů, které se dají změřit je pevnost v tahu. Pevnost v tahu je definována jako maximální tahové zatížení vzorku

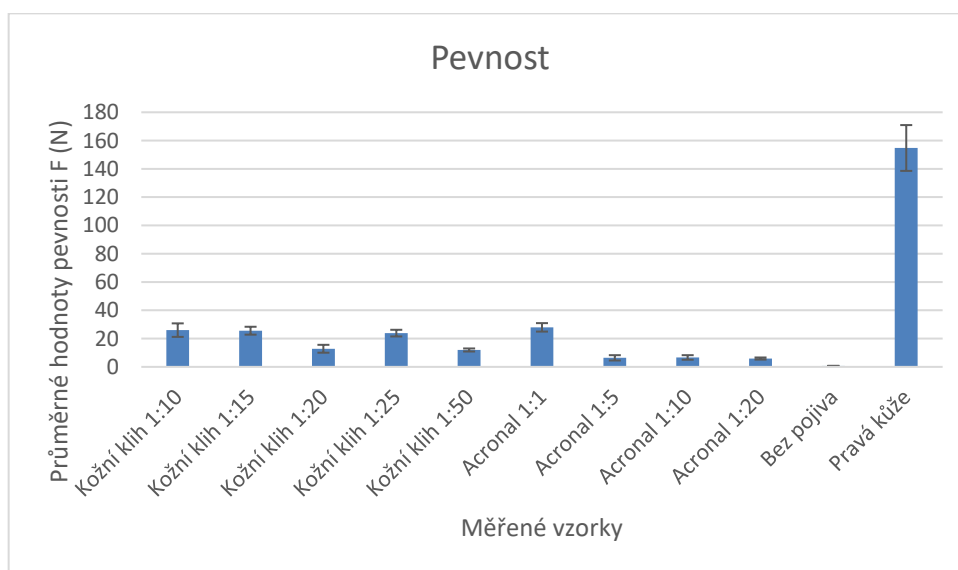
v tahu, při kterém dojde k jeho přetržení. K vyjádření slouží namáhání programovanou deformací a snímání síly, jí příslušící. [23]

K měření této charakteristiky byl použit trhací stroj na TUL. Ze všech experimentálních vzorků byly nastříhány pruhy o šířce 1 cm a upínací délce 8 cm. Bylo provedeno pět měření na každém vzorku. Ze série měření byl vytvořen průměr, se kterým se dále pracovalo. Naměřené hodnoty shrnuje tabulka č. 18. Hlava: 1000 N.

**Tab. 18** Naměřené hodnoty pevnosti F (N)

|                                           | Měřené vzorky   | 1.měř. | 2.měř. | 3.měř. | 4.měř. | 5.měř. | Průměr (N)   | Sm. odch.   |
|-------------------------------------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------|-------------|
| Kožní kliš + voda (různé koncentrace)     | Kožní kliš 1:10 | 21,70  | 28,66  | 30,93  | 18,90  | 29,72  | <b>25,98</b> | <b>4,78</b> |
|                                           | Kožní kliš 1:15 | 28,75  | 27,81  | 21,76  | 26,75  | 22,77  | <b>25,57</b> | <b>2,79</b> |
|                                           | Kožní kliš 1:20 | 10,36  | 16,31  | 16,09  | 10,85  | 10,37  | <b>12,80</b> | <b>2,79</b> |
|                                           | Kožní kliš 1:25 | 26,80  | 20,26  | 24,69  | 25,43  | 22,14  | <b>23,86</b> | <b>2,35</b> |
|                                           | Kožní kliš 1:50 | 13,47  | 10,41  | 11,15  | 12,01  | 12,65  | <b>11,94</b> | <b>1,08</b> |
| Pojivo Acronal + voda (různé koncentrace) | Acronal 1:1     | 27,47  | 27,27  | 22,94  | 30,73  | 31,29  | <b>27,94</b> | <b>2,99</b> |
|                                           | Acronal 1:5     | 4,17   | 4,22   | 8,88   | 7,25   | 7,41   | <b>6,39</b>  | <b>1,88</b> |
|                                           | Acronal 1:10    | 9,34   | 7,41   | 4,79   | 5,40   | 6,37   | <b>6,66</b>  | <b>1,61</b> |
|                                           | Acronal 1:20    | 6,33   | 4,85   | 6,32   | 6,78   | 5,16   | <b>5,89</b>  | <b>0,75</b> |

|         | Měřené vzorky | 1.měř. | 2.měř. | 3.měř. | 4.měř. | 5.měř. | Průměr (N)    | Sm. odch.    |
|---------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------|--------------|
| Ostatní | Bez pojiva    | 0,42   | 0,74   | 0,67   | 0,76   | 0,56   | <b>0,63</b>   | <b>0,13</b>  |
|         | Pravá kůže    | 136,64 | 136,89 | 157,64 | 163,97 | 178,65 | <b>154,76</b> | <b>16,20</b> |



**Obr. 28** Porovnání průměrných hodnot pevnosti jednotlivých vzorků

Lze vidět, že největší pevnost v tahu má pravá kůže. Nejmenší pevnost má vzorek bez pojiva. Daná pevnost vzorků je dána náhodně orientovanými vlákny, nebylo možné vytvořit dostatečně kompaktní vrstvu. V softwaru Excel byly vypočteny směrodatné odchylky (sm. odch.), pomocí kterých byly vyobrazeny chybové úsečky v grafu. Odchylky mohou být způsobeny nestejnou vrstvou vzorku či nestejně nanášeným pojivem.

### Dílčí závěr

Nelze říci, že čím větší je koncentrace pojiva, tím lepší je pevnost. Obecně lze říci, že vzorky opatřené přírodním pojivem (kožní kůže s vodou) vykazují lepší známky pevnosti než vzorky opatřené syntetickým pojivem. Přesto se nedají vzorky srovnávat s pravou kůží, která má pevnost nejvyšší.

## 6.5. Hodnocení odolnosti v oděru

Způsob namáhání plošné textilie, při kterém dochází k poškození materiálu. Trvanlivost textilie je hodnocena tak, že dochází k postupnému opotřebení povrchu. K hodnocení slouží přístroj Martindale.

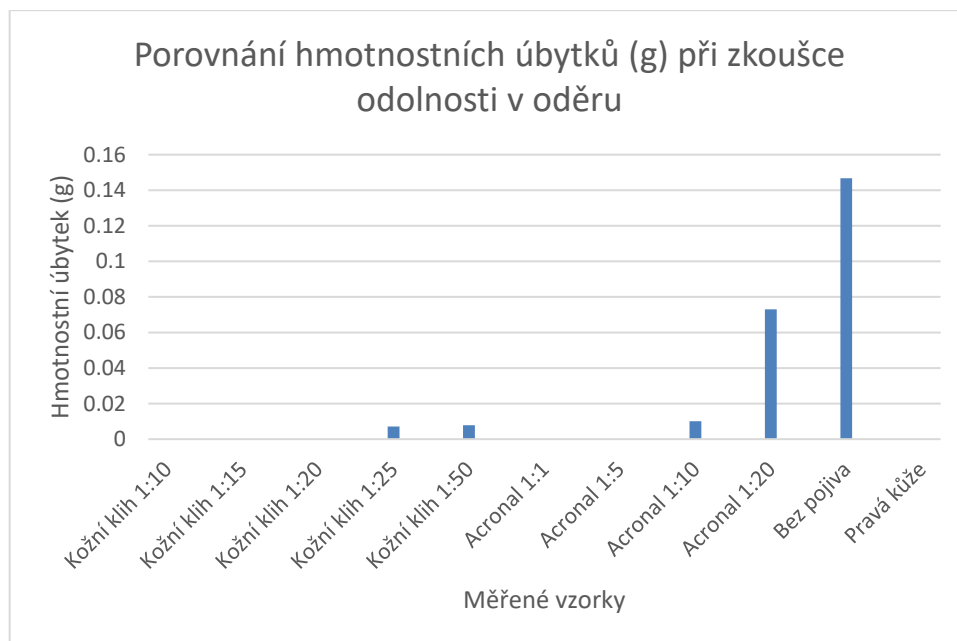
Martindale

Výhoda spočívá v měření více vzorků najednou, přístroj má totiž 4, 6 nebo 8 pracovních pozic. Zařízení má spodní čelisti, ve kterých je upevněn brusný materiál, zpravidla hrubá vlněná tkanina či hrubý brusný materiál. Nad čelistmi je krycí deska, která svými držáky drží odírané vzorky. Přístroj se sám zastaví po dosažení předem nastaveného počtu otáček. Poté je možné materiál hodnotit. Hodnocena je změna vzhledu. Zkouška se zakončuje výpočtem hmotnostního úbytku vzorku.

Vlastnost byla měřena na přístroji Martindale na TUL. Zkouška byla prováděna za přepětí 12 kPa. Z každého vzorku byly vystříženy dva malé vzorky o průměru 3,5 cm. Nejdříve byla změřena hmotnost jednotlivých vzorků před odírání. Vzorky byly odírány speciální vlněnou tkaninou. Po ukončení měření byly opět změřeny hmotnosti jednotlivých vzorků. Poté byl vypočten hmotnostní úbytek jednotlivých vzorků. Tento hmotnostní úbytek je uveden v tabulce č. 19.

**Tab. 19** Naměřené hodnoty odolnosti v oděru

| Vzorky                                 | Měřené vzorky      | Hmotnost před měřením (g) | Hmotnost po měření (g) | Hmotn. úbytek (g) | Otáčky do ukončení zkoušky | Průměr Hmotn. úbytku (g) |
|----------------------------------------|--------------------|---------------------------|------------------------|-------------------|----------------------------|--------------------------|
| Kožní klič + voda (různé koncent.)     | Kožní klič<br>1:10 | 0,2472                    | 0,2472                 | 0                 | 25 000                     | <b>0,00005</b>           |
|                                        |                    | 0,2803                    | 0,2802                 | 0,0001            | 25 000                     |                          |
|                                        | Kožní klič<br>1:15 | 0,3021                    | 0,302                  | 0,0004            | 25 000                     | <b>0,00005</b>           |
|                                        |                    | 0,3236                    | 0,3236                 | 0                 | 25 000                     |                          |
|                                        | Kožní klič<br>1:20 | 0,2262                    | 0,2262                 | 0                 | 25 000                     | <b>0</b>                 |
|                                        |                    | 0,2715                    | 0,2715                 | 0                 | 25 000                     |                          |
|                                        | Kožní klič<br>1:25 | 0,2966                    | 0,2897                 | 0,0069            | 20 587                     | <b>0,0071</b>            |
|                                        |                    | 0,3071                    | 0,2998                 | 0,0073            | 20 587                     |                          |
|                                        | Kožní klič<br>1:50 | 0,25                      | 0,2381                 | 0,0119            | 1280                       | <b>0,0078</b>            |
|                                        |                    | 0,2374                    | 0,2338                 | 0,0036            | 1280                       |                          |
| Pojivo Acronal + voda (různé koncent.) | Acronal<br>1:1     | 0,3741                    | 0,3741                 | 0                 | 25 000                     | <b>0</b>                 |
|                                        |                    | 0,3674                    | 0,3674                 | 0                 | 25 000                     |                          |
|                                        | Acronal<br>1:5     | 0,2339                    | 0,2339                 | 0                 | 25 000                     | <b>0</b>                 |
|                                        |                    | 0,3102                    | 0,3102                 | 0                 | 25 000                     |                          |
|                                        | Acronal<br>1:10    | 0,3571                    | 0,337                  | 0,0201            | 4251                       | <b>0,0101</b>            |
|                                        |                    | 0,3061                    | 0,3061                 | 0                 | 25 000                     |                          |
|                                        | Acronal<br>1:20    | 0,3081                    | 0,2722                 | 0,0359            | 1720                       | <b>0,073</b>             |
|                                        |                    | 0,2615                    | 0,1515                 | 0,11              | 1720                       |                          |
| Ostatní                                | Bez pojiva         | 0,2435                    | 0,0795                 | 0,164             | 47                         | <b>0,1467</b>            |
|                                        |                    | 0,2387                    | 0,1094                 | 0,1293            | 47                         |                          |
|                                        | Pravá kůže         | 0,8235                    | 0,8235                 | 0                 | 25 000                     | <b>0</b>                 |
|                                        |                    | 0,7264                    | 0,7264                 | 0                 | 25 000                     |                          |



**Obr. 29** Porovnání hmotnostních úbytků jednotlivých vzorků

Vzorky byly měřeny maximálně do 25 000 otáček na přístroji Martindale. Tato hranice otáček byla zvolena dle normy ČSN EN 14465. Vzorky, u kterých je zaznamenán menší počet otáček, byly při této hranici poškozeny.

K žádnému hmotnostnímu úbytku nedošlo u vzorků kožní kůže 1:10, kožní kůže 1:15, kožní kůže 1:20, Acronal 1:1, Acronal 1:5 a pravé kůže, k minimálnímu hmotnostnímu úbytku došlo u vzorků Kožní kůže 1:25, kožní kůže 1:50 a Acronal 1:10. K největšímu hmotnostnímu úbytku došlo u vzorku Acronal 1:20, který může být způsoben nejvyšší koncentrací pojiva. Vzorek, který nebyl opatřen pojivem vůbec je nejméně odolný vůči oděru. Obecně vyplývá, že vyrobené vzorky opatřené pojivem velmi dobře odolávají oděru, což je přívětivé zjištění.

U vzorku Acronal 1:10 bylo zjištěno, že jeden jeho vzorek byl odřen dříve než druhý, může to být způsobeno nerovnoměrností vrstvy, která je způsobena nahromaděním vláken a zároveň je možné nerovnoměrné rozprášení pojiva.

### Dílčí závěr

Celkově lze říci, že vyrobené vzorky, které byly opatřeny jak přírodním, tak syntetickým pojivem jsou velmi odolné vůči oděru, až srovnatelné s pravou kůží. Pouze dva vzorky byly hodnoceny jako málo odolné vůči oděru, a to vzorek bez pojiva a vzorek opatřený syntetickým pojivem s nejvyšší koncentrací pojiva.

## **7. Finální hodnocení jednotlivých vzorků a jejich využití**

V rámci diplomové práce bylo vytvořeno deset finálních vzorků, které se testovaly vybraným zkouškám a zároveň porovnávaly se samotnou pravou kůží. Předpokladem diplomové práce bylo vytvořit materiál, který by se co nejvíce přibližoval svými vlastnostmi pravé kůži a mohl by tak moci být efektivně opět využit. Cílem diplomové práce bylo vytvořit materiál a najít vhodné uplatnění na trhu jako nový a jedinečný produkt vytvořený z odpadu kůže. Finálně se testovalo jedenáct vzorků, včetně pravé kůže a na každém z nich byla provedena série zkoušek. Pět vzorků bylo opatřeno přírodním pojivem v různých koncentracích kožního klišu s vodou. Čtyři vzorky byly opatřeny syntetickým pojivem v různých koncentracích pojiva na netkané textilie (Acronal) s vodou a jeden vzorek nebyl opatřený pojivem vůbec. Následně budou popsány jednotlivé vzorky s ohledem na jejich naměřené vlastnosti a účel využití.

### **Vzorky opatřené přírodním pojivem (kožní kliš s vodou)**

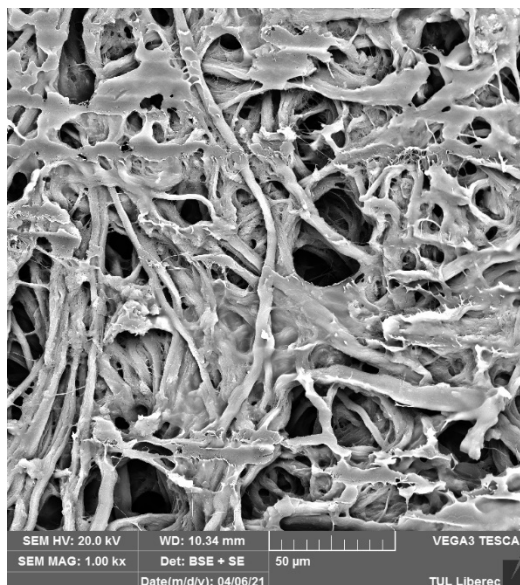
- Vzorek kožní kliš 1:10

Vzorek byl vytvořený v poměru 1:10 – nejnižší koncentrace pojiva. Co se týče tepelné vodivosti, vzorek vykazuje velmi dobré tepelně-izolační vlastnosti. Dle hodnocení tepelně-izolačních vlastností by bylo vhodné použít vzorek jako tepelný izolant ve stavebnictví. Vzorek opatřený přírodním pojivem s nejnižší koncentrací má mnohem lepší paropropustnost a prodyšnost než pravá kůže, avšak pevnost není silnou stránkou tohoto materiálu. Odolnost v oděru je srovnatelná s pravou kůží.

- Vzorek kožní kliš 1:15

Vzorek byl vytvořený v poměru 1:15. Tepelně-izolační vlastnosti tohoto vzorku jsou ještě lepší než u vzorku předešlého. Hodnoty paropropustnosti i prodyšnosti jsou dobré. Pevnost vzorku je sice druhá nejvyšší z vytvořených vzorků, přesto ji nelze porovnávat s pevností pravé kůže. Pravá kůže je velmi pevný materiál. Odolnost v oděru je srovnatelná s pravou kůží.

Analýza elektronové mikroskopie odhalila mezifázovou adhezi mezi pojivem a jednotlivými kolagenovými vlákny, viz obr. č. 30.



**Obr. 30** Elektronová mikroskopie – vzorek kožní klich 1:15

- Vzorek kožní klich 1:20

Vzorek byl vytvořený v poměru 1:20. U tohoto vzorku byly zjištěny nejlepší tepelně-izolační vlastnosti ze všech měřených vzorků. Vzorek je tedy nejlepší tepelný izolant ze všech měřených vzorků včetně pravé kůže. Vzorek se vyznačuje dobrou paropropustností i prodyšností, avšak pevnost vzorku není vysoká. Vzorek je velmi odolný vůči oděru.

- Vzorek kožní klich 1:25

Vzorek byl vytvořený v poměru 1:25. Tepelně-izolační vlastnosti vzorku jsou srovnatelné se vzorkem kožní klich 1:15. Co se týče paropropustnosti, tento vzorek je dobře propustný pro vodní páry. Prodyšnost vzorku je také dobrá. Pevnost vzorku v porovnání s pravou kůží není vysoká. Materiál se začal odírat při 20 tis. otáčkách na přístroji Martindale. Hmotnostní úbytek však nebyl vysoký. Vzorek není tak odolný v oděru jako pravá kůže, ale obecně má dobrou odolnost v oděru.

- Vzorek kožní klich 1:50

Vzorek byl vytvořený v poměru 1:50 – nejvyšší koncentrace pojiva. Vzorek je také dobrý tepelný izolant v porovnání s pravou kůží. Naměřené hodnoty vykazují nejlepší paropropustnost ze všech vzorků. Prodyšnost je srovnatelná s prodyšností bavlněného trika. V porovnání s pravou kůží je prodyšnost vzorku velmi dobrá. Vzorek má v porovnání s ostatními měřenými vzorky nízkou odolnost v oděru, může to být

způsobeno nejvyšší koncentrací pojiva. Pojivo zajišťuje jak soudržnost vláken u sebe, tak i funkci ochranného filmu.

### **Vzorky opatřené syntetickým pojivem (pojivo na netkané textilie Acronal s vodou)**

- Vzorek Acronal 1:1

Vzorek byl vytvořený v poměru 1:1 – nejnižší koncentrace pojiva. Bylo zjištěno, že tepelně-izolační vlastnosti u vzorku jsou srovnatelné se vzorkem kožní klich 1:10, který je opatřený přírodním pojivem, také nejnižší koncentrace. Tento vzorek se vyznačuje nejhorší paropropustností a prodyšností z vytvořených vzorků. Avšak jeho hodnoty paropropustnosti i prodyšnosti se považují stále za velmi dobré v porovnání s pravou kůží. Nejvyšší pevnost ze všech vytvořených vzorků byla zjištěna právě u tohoto vzorku, avšak v porovnání s pravou kůží není pevnost vysoká. Naopak odolnost v oděru je srovnatelná s pravou kůží.

- Vzorek Acronal 1:5

Vzorek byl vytvořený v poměru 1:5. Tento vzorek je dobrým tepelným izolantem. Paropropustnost i prodyšnost vzorku je velmi dobrá. Vzorek má nízkou pevnost, avšak odolnost v oděru je velmi vysoká.

- Vzorek Acronal 1:10

Vzorek byl vytvořený v poměru 1:10. Tepelně-izolační vlastnosti jsou velmi dobré. Stejně tak jako u předchozích vzorků i tento vzorek je vyznačován velmi dobrou paropropustností. Prodyšnost vzorku je horší, avšak v porovnání s pravou kůží je prodyšnost velmi dobrá. Pevnost vzorku je nízká. Odolnost v oděru je nižší než u vzorku kožní klich 1:10, kožní klich 1:10, kožní klich 1:15, kožní klich 1:20, kožní klich 1:25 a Acronal 1:1, nicméně stále se považuje za vysokou.

- Vzorek Acronal 1:20

Vzorek byl vytvořený v poměru 1:20 – nejvyšší koncentrace pojiva. Není pravidlem, že čím vyšší je koncentrace, tím jsou lepší tepelně-izolační vlastnosti. Vzorek je dobrým tepelným izolantem, avšak ne nejlepším. Paropropustnost vzorku je na stejné úrovni jako předcházející vzorky. Hodnoty paropropustnosti jsou velmi nízké, tudíž vzorek dobře propouští vodní páry skrz oblečení. Nejvíce prodyšným vzorkem je právě tento

vzorek, ze všech měřených vzorků. Dobrou prodyšnost může způsobovat nejvyšší koncentrace pojiva. Pevnost vzorku je srovnatelná se vzorkem Acronal 1:5 a Acronal 1:10 – nízká pevnost. Stejně jako vzorek s nejvyšší koncentrací přírodního pojiva, má i tento vzorek nižší odolnost v oděru, může to být způsobeno právě nejvyšší koncentrací pojiva.

### **Vzorek bez pojiva**

Je zřejmé, že vzorek bez pojiva nebude vykazovat dobré hodnoty testování. Pojivo zajišťuje lepší vlastnosti vrstev. I přesto jsou některé hodnoty srovnatelné se vzorky opatřené pojivem. Tepelně-izolační vlastnosti, paropropustnost i prodyšnost vyšly z naměřených hodnot velmi pozitivně. Pevnost i odolnost v oděru jsou nejhorší.

### **Shrnutí vlastností výsledného materiálu**

Všechny vzorky opatřené přírodním pojivem i syntetickým pojivem jsou velmi dobrými tepelnými izolanty, z čehož vyplývá, že vhodné využití tohoto materiálu je tepelná izolace.

Vytvořené vzorky s oběma druhy pojiva měly lepší paropropustnost, prodyšnost a také odolnost v oděru, než má pravá kůže.

Při testech mechanických vlastností těchto materiálů bylo zjištěno, že mají horší pevnost v tahu než pravá kůže. Pravá kůže je obecně velmi pevný materiál. Vzorky s nejvyšší koncentrací pojiva vykazují nejhorší známky pevnosti. Odolnost v oděru je srovnatelná s pravou kůží, avšak vzorky s vyšší koncentrací pojiva mají nižší odolnost v oděru.

Byl proveden test vlastností vzorků po namočení do vody, po vyhodnocení testu bylo zjištěno, že vzorky s nižší koncentrací pojiva jsou odolnější vůči vodě než vzorky s vyšší koncentrací pojiva.

### **Návrhy využití výsledného recyklovaného materiálu**

Vlastnosti vzorků recyklovaného materiálu i s ohledem na druh pojiva se příliš nelišily. Z uvedeného plyne, že je možno všechny druhy materiálu využít pro podobné účely. Recyklovaný materiál je dobře prodyšný, má dobrou paropropustnost, dobré tepelně-izolační vlastnosti a je odolný vůči oděru.

Velkou výhodou a vysokou perspektivou tohoto materiálu je možnost 3D tisku nebo lisování libovolných tvarů a rozměrů při částečném zachování struktury a vlastností pravé kůže. S výhodou toho lze využít například v obuvnictví při tisku či lisování vložek do bot, popř. ortopedických vložek do bot (profilované vložky) nebo lisování různých výplní v oděvnictví. Dále je možno využít 3D tisk ve výrobě ochranných pomůcek, např. náhlenky, chrániče holení, předloktí, které by bylo možno pomocí 3D tisku přizpůsobit přímo pracovníkovi. Pomocí specializovaného laserového pracoviště by byl sejmuto tvar ruky případně nohy a počítačem vytvořen model ochranné pomůcky, která by byla následně 3D tiskem realizována. 3D tisk je možný využít i k výrobě speciálních vložek do bot pro potřeby protetiky. Pokud by tento materiál byl v přímém kontaktu s lidskou pokožkou, bylo by nutno prokázat zdravotní nezávadnost tohoto materiálu pro daný účel. Dalším využitím 3D tisku a lisování jsou výrobky používané pro reklamní účely, např. ozdobná pouzdra na pera, ozdobná pouzdra na vizitky, na dýmky, na doutníky a tepelně-izolační obal na lahve a plechovky s nápoji. Dárkové krabičky pro zákazníky lisované přímo na rozměry dárků (na zapalovač, nůž, otvírák na víno apod.) Vše by mohlo být opatřeno luxusním logem. U výrobků, které vyžadují časté otevírání by mohla být ohybově namáhána část výrobku z pravé kůže, která by byla vlisována. Vyzkoušení 3D tisku z vyrobeného materiálu je však nad rámec této diplomové práce a mohl by být předmětem další kvalifikační práce např. disertační práce.

Díky svým výborným vlastnostem prodyšnosti, paropropustnosti a oděru schopnosti najde výrobek uplatnění také v oděvnictví. Z recyklovaného materiálu je možné lisovat například již zmíněné vycpávky, klobouky, čepice s kšiletem, ozdobné prvky na boty apod.

Recyklovaný materiál má částečné vlastnosti ručně vyráběného papíru, a proto je možné z něj vyrábět “kožený papír“ s širokým rozsahem využití (v reklamě, v restauracích apod.). Vyrobený tenký “kožený papír“ je možné využít pro tisk či ruční psaní textu například designové menu, pozvánky, oznámení, programy, pro výrobu vizitek pro zasedací pořádek, i pro výrobu obálek. V rámci diplomové práce je dobré porovnat obyčejný ručně vyráběný papír a vyrobený “kožený papír“, který byl po celou dobu předmětem diplomové práce. Náklady na vyrobený “kožený papír“ nelze stanovit, a to kvůli technologii rozmělnění. Odpad z kůže byl rozvolněn pomocí kuchyňského struhadla ručně a pro budoucí zpracování nemá tento způsob rozvolnění odpadů z kůže

perspektivu. Je nutno nalézt firmu, která odpad z kůže rozvolní do požadované formy nebo vyrobí stroj na zakázku.

Svou vůní i strukturou přibližující se pravé kůži je také vhodné výrazné uplatnění v designových potřebách pro restaurace. Z recyklátu je možné vytvořit designové desky na menu, vybavené jednotlivými listy z “ručně vyrobeného koženého papíru“, rovněž vyrobené z recyklátu, na který je možné pomocí 3D tisku či ručně napsat příslušný text světlým písmem. Desky mohou být potištěny logem a reliéfem restaurace, hotelu apod. Vazba desek a jednotlivých listů může být provedena provázkem, a tím umožněna případná výměna jednotlivých listů. Pro účely restaurace je možné vyrábět také designové podložky pod nápojové lahve či sklenice a prostírací podložky. Obojí je možné opatřit tištěným logem a různě profilovat pomocí 3D tisku či lisovací formy.

Struktura materiálu je jedinečná, proto materiál najde uplatnění také v bytových doplňcích např. luxusní designové tapety, rolety, protiskluzové nášlapy, podložky, stínidla na lampy apod. S ohledem na tepelně-izolační vlastnosti může být materiál použit jako litá samonivelační podlahová krytina nebo jako tepelně-izolační samonivelační podklad pod podlahové krytiny.

Materiál svým vzhledem najde vhodné uplatnění v designových módních doplňcích. Pro umělecké dekorace nebo pouzdra na brýle, propisky, designový obal na telefon apod.

Produkt díky svým vlastnostem může být využit také pro pracovní účely – pracovní ochranné pomůcky (zmíněné chrániče na kolena, holeně), zástěry pro chemické provozy, zástěry svařovací, ochranné pláště pro chemické účely apod. Vyrobené pracovní pomůcky opět podléhají certifikaci akreditovaných zkušeben.

U všech těchto výrobků může být výrazně uvedeno, že se jedná o recyklovaný kožený materiál. V dnešní době je recyklace velmi populární.

## 8. Ekonomické zhodnocení

Pokud by firma BOS chtěla svůj odpad z kůže dále efektivně využít, prvním krokem by bylo třeba tento materiál rozmělnit. Bylo poptáno několik firem, které se zaměřují na zpracování textilních odpadů. Firma Recycling J&F, s.r.o. by byla schopna nadrtit kůži na malé části za využití drtičů a malých sít, čímž by se dala vytvořit drobná frakce. Nejmenší síto, kterým firma disponuje je 10 mm. Náklady na drcení byly firmou ohodnoceny a mohly by se pohybovat kolem 3 Kč/kg. Bohužel firma Recycling J&F, s.r.o. sídlí v Ústí nad Orlicí, což je cca 300 km od firmy BOS Automotive Products, s.r.o. Pokud by se brala v úvahu spotřeba auta cca 7 litrů na 100 km a cena benzínu cca 29 Kč, jedna cesta by stála 600 Kč. Jedna cesta by byla s odpadem z kůže a zpět s rozvolněnou směsí. Tzn. náklady na dopravu by byly 1 200 Kč. Jestliže by firma měla měsíčně 20 tun odpadu z kůže a náklady na drcení by byly 3 Kč/kg, samotné náklady na rozvolnění 20 tun odpadu z kůže by byly 60 000 Kč. Úkolem firmy však není zpracování odpadů z kůže. Firma si se svým odpadem z kůže může nakládat jakkoliv.

Nadrcený materiál s obsahem částí větších než 1 mm je obtížně vyhovující pro další zpracování. Tudíž by bylo nutno najít jinou firmu na rozvolnění odpadu z kůže či vyvinout vlastní technologii na zpracování odpadu z kůže. Ruční zpracování odpadu není pro budoucí zpracování možné, jelikož je proces velmi časově náročný. Obecně je velmi obtížné stanovit náklady na rozvolnění.

Ani vývoj technologie pro zpracování odpadní kůže ani ekonomický rozbor výroby recyklovaného materiálu a materiálů vzniklých z tohoto recyklátu nebyly cílem a předmětem diplomové práce.

## **Závěr**

Existuje několik možností využití zbytků z kůže, avšak ne všechny jsou efektivní a ekologicky šetrné k životnímu prostředí. Cílem diplomové práce bylo najít vhodné uplatnění zbytků z kůže, konkrétně z automobilového průmyslu. V rámci diplomové práce bylo třeba najít vhodnou metodu rozmělnění zbytků z kůže, následně z rozvolněné kůže vytvořit vzorky, a ty opatřit nástřikem různých koncentrací pojiv. Pojiva byla zvolena tak, aby výsledným vzorkům dodávala příslušné vlastnosti.

Firma BOS Automotive Products, s.r.o. poskytla vzorky odpadu z kůže pro experimentální část práce. Bylo vyzkoušeno několik metod rozmělnění zbytků z kůže. Nejlépe bylo vyhodnoceno použití obyčejného kuchyňského struhadla s ohledem na dostupnost vybavení pro přípravu základního materiálu pro experiment. Laboratorní vzorky pro testování dalších parametrů byly vytvořeny pouze z vodního roztoku rozvolněného materiálu. Následně bylo několik malých vzorků opatřeno několika druhy nástřiků pojiva připadajících v úvahu. Z několika nanesených pojiv byla vybrána dvě pojiva, která byla následně nanesena v různých koncentracích na finální vzorky většího formátu. Jedno pojivo přírodního původu – kožní kliš s vodou a druhé pojivo syntetického původu – pojivo na netkané textilie Acronal LA471S uvedeno v podkapitole č. 5.3. Tyto větší vzorky s nanesenými pojivy byly dále testovány vybranými zkouškami na několika katedrách FT TUL s různými výsledky uvedenými v této práci. Jednotlivé výsledky zkoušky jsou uvedeny v kapitole č. 6.

Vzorky, které byly po celou dobu předmětem diplomové práce a které byly vytvořené a testované se celkově vyznačují velmi dobrými vlastnostmi. Byl tedy splněn předpoklad vytvoření vzorků, které se svými vlastnostmi a strukturou blíží pravé kůži. Velkou nevýhodou materiálu vzniklého recyklací je jeho nižší pevnost v porovnání s pravou kůží. Tato vlastnost je kompenzována lepšími tepelně-izolačními vlastnostmi, vyšší paropropustností a prodyšností. Shrnutí hodnocení vlastností je uvedeno v kapitole č. 7.

Obecně bylo zjištěno, že rozdíl mezi nanesením přírodního nebo syntetického pojiva na vzorky není s ohledem na výsledné vlastnosti finálních vzorků značný. Vzorky opatřené přírodním nebo syntetickým pojivem tedy nevykazují zvláště rozdílné vlastnosti. V budoucím využití záleží na několika požadavcích např. struktuře materiálu. Vzorky

opatřené přírodním pojivem se více přibližují “koženému papíru“ a vzorky opatřené syntetických pojivem by bylo lepší využít spíše v oděvnictví. Vyrobené vzorky mají velmi zajímavou a jedinečnou strukturu připomínající vzhled pravé kůže a zároveň se vyznačují výbornými vlastnostmi. Z tohoto důvodu má vytvořený materiál obrovskou perspektivu v budoucím využití.

Vyhodnocením testů bylo konstatováno, že recyklovaný materiál je použitelný k účelům uvedeným v této práci. Bližší informace a nápady pro využití recyklovaného materiálu jsou uvedeny v kapitole č. 7.

Využití tohoto materiálu je tedy velmi perspektivní, je však nutné provedení mnoha dalších testů. Předmětem dalšího zkoumání by mohlo být testování zvukových vlastností, požární odolnosti, testy zdravotní nezávadnosti apod.

## Seznam použité literatury

- [1] HAVIAR, Š., PAŘILOVÁ, H., KUBÁT L., KANČIOVÁ L. *Textilní zbožížnalství – kůže, usně, kožešiny a kožené výrobky*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2006. 82 s. ISBN 80-7372-144-9.
- [2] ESCOTO-PALACIOS, M. J., PÉREZ-LIMIÑANA, M. A., ARÁN-AIS F. *From leather waste to functional leather*. INESCOP. Instituto Tecnológico del Calzado y Conexas, 2016. ISBN 978-84-934261-9-4
- [3] KERNEGGER, L. *Testování přítomnosti šestimocného chromu v obuvi*. (překladatel: Petra Jurčeková). Praha: NaZemi, 2016. 13 s. ISBN 978-80-88150-16-9.
- [4] LAKRAFLI, H., TAHIRI, S., etc. *Experimental study of thermal conductivity of leather and carpentry wastes*. Morocco: Elsevier Ltd, 2013. [on-line]. [vid 2021-02-02]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061813006624>
- [5] AKALOVIĆ, J., SKENDERI, Z., etc. *Water vapor permeability of bovine leather for making professional footwear*. Zagreb: Leather & Footwear, 2018.
- [6] Leather dictionary: *Tensile strength*. [on-line]. [vid 2021-02-02]. Dostupné z: [https://www.leather-dictionary.com/index.php/Tensile\\_strength\\_-\\_Tear\\_strength](https://www.leather-dictionary.com/index.php/Tensile_strength_-_Tear_strength)
- [7] ERNESTOVÁ, M. *Ověřování metodiky testování oděru potahových textilií v automobilovém průmyslu*, 2011. 74 s. Diplomová práce. Liberec: Technická univerzita v Liberci.
- [8] Bos.de [online]. [vid. 2020-02-03]. Vše o firmě Bos Automotive, Products CZ, s.r.o. Dostupné z: <https://www.bos.de/cs/celosvetove/europa/klasterec-ceska-republika.html>
- [9] FIALOVÁ, A. *Zpracování keratinových odpadů*, 2006. 73 s. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
- [10] KOPPIAHRAJ, K., BATHRINATH, S., SARAVANASANKAR, S. *Leather Waste Management Scenario in Developed and Developing Nations*. International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT), 2019. ISSN: 2249 – 8958.
- [11] TEKLAY, A., GEBEYEHU, G., GETACHEW T. etc. *Re-utilization of Finished Leather Waste (scraps) Blended with Different Plant Fibers Using Polymer Resins: A*

Waste to Wealth Approach, of the Ethiopian Case, 2018. Teklay et al., Innov Ener Res. DOI: 10.4172/2576-1463.1000194

[12] SANTOS, R. J., AGOSTINI D. L. S, CABRERA F. C., BUDEMBERG E. R., JOB A. E. *Recycling leather waste: Preparing and studying on the microstructure, mechanical, and rheological properties of leather waste/rubber composite*. Brazil: Universidade Estadual Paulista, 2015.

[13] MOSES, A.J., SUMATHI, M., BRIGHT, R.J. *Preparation and characterization of leather waste polymer composites*, 2019. Department of Mechanical Engineering, JEPPIAAR SRR Engineering College, Padur, Chennai, 603 103, Tamil Nadu, India. DOI: 10.23883/IJRTER.2017.3285.NXGRE.

[14] DOLINAY, J. *Komplexní řízení procesů recyklace koželužských odpadů*, 2009. 141 s. Disertační práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.

[15] HLAVATÝ, O. *Využití odpadů z výroby a zpracování usní*, 2020. 41 s. Bakalářská práce. Technická univerzita Ostrava.

[16] SIVARAM, N.M., BARIK, D. *Energy from Toxin Organic Waste for Heat and Power Generation, Chapter 5: Toxic waste from leather industries*. India: Woodhead Publishing, 2019.

[17] ČSN EN ISO 15987. *Usně – Terminologie – Základní definice pro obchod s usněmi*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.

[18] HOQUE, K.M.H. *Casein fiber*. China: School of Textile Science and Engineering, 2020.

[19] MONTENEGRO, M.A., BOIERO1, M.L., VALLE, L., BORSARELLI, C.D. *Products and Applications of Biopolymers: Gum Arabic: More Than an Edible Emulsifier*. Argentina: Departamento de Química, Universidad Tecnológica Nacional-Facultad Regional Villa María, Córdoba, 2012.

[20] HES, L., SLUKA, P. *Úvod do komfortu textilií*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2005. 109 str., ISBN 80-7083-926-0.

- [21] SIDDIQUI, M.O.R., SUN, D. *Development of Experimental Setup for Measuring the Thermal Conductivity of Textiles*. Clothing and Textiles Research Journal, 2018. [on-line]. [vid 2020-01-19]. DOI: 10.1177/0887302X18768041. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/324450385\\_Development\\_of\\_Experimental\\_Setup\\_for\\_Measuring\\_the\\_Thermal\\_Conductivity\\_of\\_Textiles](https://www.researchgate.net/publication/324450385_Development_of_Experimental_Setup_for_Measuring_the_Thermal_Conductivity_of_Textiles)
- [22] KINCLOVÁ, S. *Porovnání užitných vlastností funkčních oděvů pro sportovní aktivitu*, 2017. 92 s. Diplomová práce. Liberec: Technická univerzita v Liberci.
- [23] VESELÁ, J. *Analýza závislosti mechanických vlastností vzorku (textilie a švu) na způsobu upnutí do čelistí dynamometru*, 2008. 76 s. Bakalářská práce. Prostějov: Technická univerzita v Liberci.