

Tepelně izolační vlastnosti usňových materiálů svršku

Radim Horák



Zde patří úvodní strana.

Tato strana se ze šablony netiskne.

Úvodní strana je uvedena ve speciálních souborech přístupných na webových stránkách univerzity.

Zde patří oficiální zadání diplomové práce.

Tato strana se ze šablony netiskne. Je to výstup z IS STAG.

ABSTRAKT

Abstrakt slovensky

V diplomovej práci, ktorú práve držíte v rukách, je opísaný dej prestupu tepla cez prírodné materiály - usne. Riešený proces je modelovaný prostredníctvom nameraných hodnôt, špeciálne sa jedná o tepelnú vodivosť. Zistiť princípy prestupu tepla prostredníctvom tepelnej vodivosti je dôležité z hľadiska tepelne - izolačných vlastností týchto materiálov. Namerané a vypočítané hodnoty opisujú detailnejšie prestup tepla v obuvi cez zvrškové materiály. Výber vzoriek pre meranie je zameraný na hovädzie usne, kvôli ich najväčšej spotrebe vo svetovom meradle. Hodnoty sú spracované štatistickými metódami a paralelne sú využité pre tvorbu PC aplikácie, ktorá je súčasťou diplomovej práce.

Abstrakt anglicky

This Master Thesis describes the process of heat transfer through natural material – leather. The process is modeled through measured data, specifically through heat conductivity. In order to determine the heat-insulating characteristics of these materials, it was important to study the principles of thermal conductivity. Measured and calculated data describe in detail the transfer of heat in shoes through upper leather. Selected samples are made of buff hide because it is the most commonly used material in the industry throughout the world. The data is analyzed using statistical methods and is used for the programming of software application, which is a part of this Master Thesis.

S dovolením by som rád poďakoval všetkým osobám, ktoré sa podieľali väčším či menším spôsobom na tejto práci a niektorými poznámkami prispeli k relevantným výsledkom a záverom. Menovite by som chcel poďakovať Ing. Barbore Zachovej za vytýčenie správneho smeru pri riešení problémov a vyjadrené konštruktívne názory pri riešení diplomovej práce. Poďakovanie patrí aj bratovi RNDr. Zdeňkovi Horákovi a otcovi Ing. Zdeňkovi Horákovi, CSc za cenné rady a pripomienky vedúce k úspešnému vypracovaniu. Špeciálne poďakovanie chcem venovať doc. Ing. Antonínovi Blahovi, CSc.

Súhlasím s tým, že s výsledkami mojej diplomovej práce môže byť naložené podľa uváženia vedúceho diplomovej práce a vedúceho katedry. V prípade publikácie budem uvedený ako spoluautor.

Prehlasujem, že na celej diplomovej práci som pracoval samostatne a použitú literatúru som citoval.

V Zlíne 24.5.2005

.....

podpis riešiteľa

OBSAH

OBSAH	6
ÚVOD.....	9
I. TEORETICKÁ ČASŤ.....	11
1 KOŽA A USEŇ	12
1.1 ANATÓMIA KOŽNEJ HMOTY	13
1.2 CHEMICKÉ ZLOŽENIE KOŽE	14
1.3 DRUHY USNÍ Z HĽADISKA ICH PÔVODU	15
1.3.1 Hovädzina	15
1.3.2 Tel'acina	16
1.3.3 Bravčovina	17
1.3.4 Kozina	18
1.3.5 Konina.....	18
1.3.6 Reptílie.....	19
2 ČINENIE	20
2.1 CHROMITÉ SOLI A ICH KOMPLEXY	20
Vznik komplexných zlúčenín	21
Priebeh chromo činenia.....	22
Maskovanie	23
2.2 TRIESLOVINY	23
2.2.1 Prírodné triesloviny	23
2.2.2 Syntetické triesloviny	24
2.2.3 Priebeh činenia	25
2.3 OSTATNÉ ČINENIA SCHOPNÉ LÁTKY	27
2.3.1 Hliník	27
2.3.2 Aldehydy.....	27
2.3.3 Tuk	28
3 MECHANIZMY ZDIEĽANIA TEPLA.....	29
3.1 ZDIEĽANIE TEPLA VEDENÍM	29
3.2 ZDIEĽANIE TEPLA PRÚDENÍM	30
3.3 ZDIEĽANIE TEPLA SÁLANÍM	31

3.4	ZDIELANIE TEPLA VEDENÍM	32
3.5	TEPELNÉ VLASTNOSTI	33
3.5.1	<i>Merné teplo</i>	33
3.5.2	<i>Tepelná vodivosť</i>	35
3.5.3	<i>Tepelná vodivosť</i>	35
3.6	MERANIE TEPELNEJ VODIVOSTI	37
3.6.1	<i>Stacionárne meranie</i>	37
3.6.2	<i>Nestacionárne meranie</i>	39
CIELE DIPLOMOVEJ PRÁCE		40
II. PRAKTICKÁ ČASŤ		41
1 PRÍSTROJOVÉ VYBAVENIA A POUŽITÉ POMÔCKY PRI MERANÍ		42
2 PRÍPRAVA, ČLENENIE A MERANIE VZORIEK.....		43
2.1	PRÍPRAVA VZORIEK.....	43
2.2	ROZDELENIE MATERIÁLU A ČLENENIE VZORIEK.....	43
2.3	NAMERANÉ A VYPOČÍTANÉ HODNOTY	46
2.3.1	<i>Meranie hrúbky</i>	46
2.3.2	<i>Meranie tepelnej vodivosti nestacionárnou metódou</i>	46
2.4	MERACÍ SOFTWARE.....	49
2.5	PRACOVNÝ POSTUP	49
2.5.1	<i>Meranie hodnôt</i>	49
2.5.2	<i>Výpočet tepelnej vodivosti</i>	50
2.6	NAMERANÉ A VYPOČÍTANÉ HODNOTY	52
2.7	TEPELNÝ ODPOR	54
2.7.1	<i>Hovädziny</i>	55
2.7.2	<i>Bravčoviny</i>	56
2.7.3	<i>Divoko žijúca zver</i>	57
2.7.4	<i>Reptílie</i>	58
2.7.5	<i>Ryby</i>	59
2.8	VYHODNOTENIE TEPELNEJ VODIVOSTI PODĽA DRUHU USNÍ	59
2.9	VPLYV ČINENIA	61
2.9.1	<i>Usne spracované chromo činením</i>	62
2.9.2	<i>Usne spracované trieslo činením</i>	63

2.9.3	<i>Usne spracované aldehydmi</i>	64
2.10	VYHODNOTENIE TEPELNEJ VODIVOSTI PODĽA DRUHU ČINENIA	64
DISKUSIA VÝSLEDKOV		66
ZÁVER		68
ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY		70
ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A SYMBOLOV		72
ZOZNAM OBRÁZKOV		73
ZOZNAM TABULIEK		74
ZOZNAM PRÍLOH		75

ÚVOD

V dnešnej dobe sme zaplavení nepreberným množstvom rôznych typov topánok. Medzi ne nepatrí len kvalitná obuv, ale aj nekvalitná, ktorá je čoraz viac finančne dostupnejšia. Je dôležité byť pri výbere kvalitnej topánky veľmi obozretný, nakoľko pokrývka chodidla patrí do skupiny dôležitých, zdravia ovplyvňujúcich častí oblečenia. Kvôli tomuto sa musíme snažiť vytvoriť také obutie, ktoré bude v prvom rade zdravotne nezávadné, pohodlné, cenovo dostupné a v neposlednej rade moderné. Všetky uvedené faktory tvoria celkový štatút - kvalitné obutie.

Pod pojmom kvalitné obutie rozumieme, ako som uviedol, súbor rôznych parciálnych faktorov. Celkovo ich možno rozdeliť so zdravotného a fyzikálne mechanického hľadiska. Zdravotné faktory sa sumárne označujú ako mikroklima v obuvi, ktorá musí byť hygienicky nezávadná. Medzi hlavné patrí tepelná stabilita, priepustnosť vzduchu a odpovedajúca vlhkosť. Fyzikálne - mechanické vlastnosti sú napr. komfortné obutie, mäkkosť, prispôsobivosť materiálu chodidla, odolnosť voči opakovanému ohýbaniu pri chôdzi a nenamáhavé obúvanie.

Vyššie uvedené faktory sú zväčša ovplyvňované použitým materiálom. Pre hodnotenie vhodnosti materiálov je nutné prevádzať merania tepelného prechodu, priepustnosti a sorpcie vodnej pary, ako aj merania mechanických vlastností, ktorými sú opakované ohýbanie, lámavosť podrážky, pevnosť šitých spojov a iných spojovaných častí, chemická odolnosť použitých materiálov atď.

S ohľadom na tieto hľadiská je potrebné voľiť vhodný materiál pre výrobu obuvi. V súčasnosti je k dispozícii nielen veľké množstvo prírodných, ale aj syntetických materiálov. Každý z týchto materiálov sa vyznačuje inými vlastnosťami v rôznych rezortoch ich použitia. V neposlednej rade je voľba vhodného materiálu ovplyvňovaná cenou a tým dostupnosťou pre spotrebiteľa. Prírodné materiály - usne, symbolizujú vysoký štandard z hľadiska zdravotného, fyzikálneho a módného. Oproti syntetickým - koženky, poroméry, textílie a kaučuky, majú prírodné materiály - usne, lepšie vlastnosti pre vytvorenie nezávadnej mikroklimy a omnoho lepšie fyzikálne mechanické vlastnosti. Aj napriek uvedenému je nutné konštatovať, že použitie syntetických polotovarov pri výrobe obuvi je v niektorých prípadoch ťažko nahraditeľné.

Žiaľ ekonomická situácia v bývalom Československu umožnila vysokú implementáciu nekvalitných výrobkov na trh, ktoré svojou nižšou cenou výrazne

konkurujú oslabenému obuvníckemu priemyslu v celých Českej republike a na Slovensku. Väčšinou sa jedná o obuv tvorenú z umelých materiálov (textílie, koženka na báze polyuretánov a kaučuku), čo sa podpísalo aj na zdraví mnohých spotrebiteľov (plesne, ochorenia pohybového aparátu atď.). Tieto produkty sú často krát ťažko rozoznatel'né od kvalitných topánok, vytvorených z prírodného materiálu.

V oblasti, ktorá je riešená v diplomovej práci, boli už vytvorené mnohé publikácie a štúdie. Vo Švédsku sa zaoberali tepelnými stratami cez pracovnú obuv. V Poľsku a USA, rovnako ako v Českej republike sa výskumní pracovníci doposiaľ zaoberali otázkou tepelnej vodivosti usní. Doposiaľ však nebol zostavený prehľad tepelných vodivostí jednotlivých druhov usní. Táto práca položí základ k širšiemu prehľadu tepelných vodivostí zmieňovaných materiálov.

I. TEORETICKÁ ČASŤ

1 KOŽA A USEŇ

Kožiarstvo patrí medzi najstaršie remeslá. Tento výrok dokazuje aj skutočnosť potreby ľudí obúvať a zaodievať sa od najstarších čias až po súčasnosť. Od nepamäti sa pri voľbe materiálov uprednostňujú prírodné zdroje. Dôkazom toho je aj archeologický nález z praveku, podľa ktorého sa nielen dozvedáme o používaní kože z ulovených zvierat, ale neskoršie štúdie podávajú informácie aj o ich čiastočnom spracovaní. Najstaršie nájdené a vyčinené zvieracie kože boli objavené ako súčasť staroegyptských hrobov. Aj napriek tomu, že sú vyše päť tisíc rokov staré, vykazujú doteraz známky veľmi dobrej zachovalosti, čo svedčí o vzdelanosti aj v obore spracovateľských metód.

Už dávny predok cítil potrebu zahaliť niektoré časti tela a najmä chodidlá voči nepriazni počasia a nebezpečeniu úrazu pri pohybe. Spočiatku boli používané len surové kože, priamo stiahnuté zo zvierat'a. Veľmi skoro si ale konzumenti uvedomili a poznali nedostatky surovej kože, ktorá po krátkom čase zatvrdla alebo podľahla mikrobiálnemu procesu – zahŕňaniu. V priebehu tohto momentu sa začala tvoriť myšlienka, či nejde nejakým spôsobom odstrániť nevhodné vlastnosti. Mali teda snahu vytvoriť produkt, ktorý by spĺňal základné vlastnosti poskytujúce príjemný pocit pri nosení.

Vývoj, ktorý mal naplniť víziu dokonalého materiálu z pohľadu praľudí, bol veľmi dlhý. Na tejto chronologickej línii sa v mnohých publikáciách dozvedáme o postupnom objavovaní a následnom používaní rôznych metód k úprave, ktorá by predĺžila trvanlivosť a zlepšila vlastnosti materiálov. Napríklad, ľudia spočiatku poznali, že koža mäkne pri pôsobení dymu v kombinácii s tukom a potom ostáva naďalej mäkká [1]. V neskoršej dobe prišli ľudia na to, že pôsobením vylúhovaných látok niektorých rastlín nadobúda koža trvanlivosť, tu zaznamenávame počiatky trieslo činenia. Všetky dosiahnuté výsledky viedli k predĺženiu životnosti a zvýšeniu ergonomického používania materiálu. Činenie koží a spracovávanie usní je považované za najstarší obor ľudskej práce.

Pri tvorbe kvalitnej obuvi, prípadne oblečenia, sa nedá hovoriť len o správnom výbere spracovania kože, musíme dbať aj na správny výber materiálu. Surová koža je zložitý útvar a jeho prevedenie na useň je preto technologicky veľmi náročné. Podľa druhu a pôvodu suroviny sa určuje vhodnosť pre využitie suroviny na výrobu príslušného druhu usne. Je to spôsobené rozdielnou histologickou stavbou útvaru kože a aj odlišnosťami v chemickom zložení [2].

1.1 Anatómia kožnej hmoty

Koža všetkých živočíchov je zložená z troch vrstiev: pokožka, derma a podkožné väzivo. V nasledujúcich riadkoch si naznačíme detailnejšie zloženie.

Pokožka (epidermis) je vonkajšia a najtenšia časť kože. Skladá sa z neustále množiacich sa buniek, ktoré smerom k povrchu schnú a rohovatejú, teda starnú. Hrúbka pokožky v priemere zaberá asi 1 % z celkovej hrúbky kože. V niektorých prípadoch zaberá až 20 %. Všeobecne platí, že tenšiu a jemnejšiu pokožku má koža zvierat, ktoré majú jemnejšiu a hustejšiu srst'. Najhrubšia pokožka sa nachádza na holých miestach povrchu tela. V samotnom povrchu pokožky sa nachádzajú rôzne prehĺbeniny, ktoré sú súčasťou lícnej kresby. V spracovateľských dielňach sa pokožka odstraňuje súčasne so srst'ou. Hranica medzi dermou a pokožkou je nerovná a nepresná. Obe sú do seba čiastočne začlenené. Preto po odstránení pokožky ostávajú na povrchu dermy nerovnosti, ktoré po ustálení činením vytvárajú na povrchu usne spoločne s pórmí charakteristickú kresbu, ktorá sa odborne nazýva lícová kresba [3].

Derma je vnútorná a najhrubšia časť kože a tvorí 70 až 95 % z celkovej hrúbky kože. Z dermy sa ďalšími procesmi vytvára useň. Derma tvorí vláknité pletivo (väzivo), tak husto prepletené, že sa na kolmom reze javí ako jednotný celok. Väzivo dermy je prevažne tvorené vláknami obsahujúcimi bielkovinu, zvanú kolagén. Prítomnosť bielkoviny v štruktúre do vysokej miery ovplyvňuje aj mechanické vlastnosti spracovanej usne. Čím je vláknitá spleť hustejšia, tým je koža zaujímavejšie zdobená a menej ťažná [3].

V reze dermou môžeme sledovať dve vrstvy. Horná vrstva sa v koželužstve nazýva papilárna a dolná sa označuje ako retikulárna. Spojenie medzi týmito vrstvami tvorí len pomyselná čiara spájajúca cibulky jednotlivých vlasových korienkov a papily. Papilárna vrstva má pletivo najjemnejšie, najmä smerom k lícu kože, kde vytvára temer hladký povrch, mierne zvrásnený jemnými vláčenkami, ktoré líc preplietajú a spolu s pórmí po chlpoch vytvárajú lícovú kresbu, charakteristickú pre každý druh usne[3].

Podkožné väzivo tvorí najspodnejšiu časť kože. Skladá sa z hrubých vlákien a blán, ktoré vytvárajú spojenie kože s telom živočícha. Podkožné väzivo sa pri spracovávaní odstraňuje.

1.2 Chemické zloženie kože

Koža živočíchov sa v podstate skladá z vody, tukových a minerálnych látok (popolovín) a bielkovín. Pomer týchto jednotlivých zložiek je uvedený v tab.1.:

Tab. 1. Látkové zloženie kože [3]

Zložka	Zastúpenie v % hm.
Voda	50 – 70
Minerálne látky	0,25 – 0,65
Bielkoviny	33 – 35
Tukové látky	0,5 – 30

Uvedené hodnoty odpovedajú surovej koži po stiahnutí zvieraťa. Podľa druhu koží sú tieto hodnoty rozdielne. Z hľadiska spracovania koží na usne sú najdôležitejšou súčasťou koží bielkoviny, ktorých sušina v holine obsahuje asi 95 %. Vytvárajú vlastnú kožnú hmotu, ktorá sa spracováva na useň.

Je zrejmé, že najväčší podiel v chemickom zložení zastáva voda. Pojem „voda“ v koži je do určitej miery relatívny, pretože množstvo vody v koži zistenej značne závisí na metóde, ktorú sme k stanoveniu použili. Podľa dohody platí, že za obsah vody v koži sa považuje hmotnostná strata kože, ku ktorej dôjde pri jej zahrievaní v sušiarňi pri teplote 105 °C do konštantnej hmotnosti [3].

V koži spracovateľskej chémii sa označujú vláknité (fibrilárne) bielkoviny tvoriace základnú štruktúru usní názvom kolagén, retikulín a elastín. Ako bolo spomenuté, najdôležitejšia časť vláknitej bielkoviny kože je kolagén. Surová koža obsahuje 30 až 32 % sušiny kolagénových vlákien. Kolagénové vlákna zároveň tvoria asi 90 % celkovej vláknitej hmoty. Jedná sa o hlavnú organickú zložku vnútorného oporného systému živočíšneho organizmu – kostí, chrupaviek, šliach, väziva a kože.

Kolagén obsahuje veľké množstvo glycínu [6]. Mimo kolagénu sa v štruktúre nachádza aj retikulín. Retikulín je bielkovina podobná kolagénu. Jeho jemné vlákienka obaľujú vlákna kolagénu a tukové bunky a vytvárajú lesklý povrch dermy.

Elastín je vo vode nerozpustná bielkovina. Vytvára jemnú sieťovú štruktúru, najmä v líci. Pri dostatočnej vlhkosti je táto bielkovina pružná, po uschnutí rohovatí.

Okrem popísaných vláknitých bielkovín sa v koži nachádzajú aj nevláknité (globulárne), z ktorých sa za najdôležitejší považuje keratín. Tvorí podstatnú časť buniek pokožky a všetkých jej útvarov, hlavne rohoviny a chlпов. Je nerozpustná vo vode, ale účinkom koncentrovaných kyselín a zásad podlieha zmenám – rozpúšťa sa. Táto vlastnosť sa v praxi využíva na odstraňovanie chlпов.

1.3 Druhy usní z hľadiska ich pôvodu

Prírodné zvrškové usne sa vyznačujú takými vlastnosťami, ktoré sa zatiaľ nepodarilo v plnom rozsahu napodobniť. V tejto stati bude pojednávané o usniach, teda materiáloch čisto prírodného pôvodu s využitím prevažne na tvorbu zvršku. Všetky typy vykazujú známky čiastočnej rôznorodosti, ktorá do určitej miery predurčuje využitie konkrétnej usni vo výrobe pre konkrétny typ tovaru.

1.3.1 Hovädzina

V dnešnej dobe hovädziny patria medzi najvyužívanejšie usne vďaka svojej dostupnosti a veľmi dobrým vlastnostiam. Patria sem kože z jalovíc, kráv, volov a býkov. Vyznačujú sa veľkou plochou a vysokou hmotnosťou. Hovädzie usne majú veľmi dobré chemicko-fyzikálne vlastnosti, takže vyhovujú pre spracovanie v mnohých odvetviach nášho priemyslu. Okrem toho má priaznivú histologickú stavbu, ktorá umožňuje vyrábať z týchto koží najširšiu paletu rôznych druhov usní s rôznou povrchovou úpravou. Podľa povrchovej úpravy sa hovädziny delia na:

- **Hovädzí box hladký** – na jeho výrobu sa využívajú veľké kože. Koža na tvorbu hladkého boxu sa vyčiňuje chromitými sólami. Tento typ je v dnešnom obuvníckom rezorte najdôležitejší pre tvorbu obuvi. Vyrába sa v rôznych farbách.
- **Hovädzí box špeciál** – vyrába sa z kvalitných usní špeciálnou úpravou líca.
- **Hovädzí box tlačný** – tlačením (dezénovaním) sa upravujú usne so značne poškodeným lícom, z ktorých by pri použití na výrobu hladkého boxu vznikol veľký odpad. Usne sa vyčiňujú chromitými sólami a väčšinou sa potom ešte prečiňujú trieslovinami.

- **Hovädzí box odevný** – je chromočinená useň, podfarbená, spracovávaná kazeínovo-živicovou úpravou s jemným dezénom. Je silne mäččená, používa sa hlavne na výrobu dámskej holennej obuvi.
- **Hovädzí velúr** – useň vyčinená sólami chrómu a upravená brúsením rubovej strany. Spravidla sa vyrába v krupónoch a tým sa dosahuje lepšia akosť.
- **Štiepankový velúr** – useň upravená brúsením reznej strany. Získava sa štiepaním holiny hovädzín určených na zvrškové usne. Na reznej strane musí byť krátky vlas a nemôže byť žilovitá. Spracováva sa ako hovädzí velúr.
- **Hovädzí nubuk** – zvršková useň činená chromitými brečkami pre rovnomernosť vyfarbenia pretrieslená pomocnými syntánmi. K mazaniu lykrom sa používa tuk, ktorý musí rovnomerne prenikať materiálom. Líce nubuku sa upravuje jemným brúsením.
- **Hovädzí dulbox** – je ťažšia zvršková useň vyrábaná z podradnejších surovín. Vyčiňuje sa chromitými sólami a spravidla sa silne pretriesluje. Líce sa upravuje kazeínovou alebo polymérnou apretúrou. Tlačením umelého lícu dostávame umelý dezén.
- **Waterproof** – špeciálny druh zvrškovej usne, vyrábaný z kvalitných hovädzín. Vyčiňuje sa isto ako dulbox, mazanie je však veľmi výdatné. Povrch je matný a upravuje sa kazeínovou apretúrou. Tento materiál vyniká svojou vysokou pevnosťou, poddajnosťou, nepremokavosťou a trvanlivosťou [1].

K hovädzinám patrí taktiež koža zvláštnych rás kráv akými sú byvoly a yaky. Koža yakov sa delí podľa rovnakých kritérií a čo sa akosti týka, vykazujú približne rovnaké vlastnosti.

1.3.2 Teľacina

Jedná sa o špeciálny druh hovädziny, ktorej produkcia je asi 10 % z celkovej ťažby. Dermu teľacín tvorí husté a pomerne tenké pletivo kolagénových vlákien. Teľacie usne sú rovnomerné, hebké a jemné, ale zároveň aj pevné. Definícia [3] hovorí, že teľacina je koža teliat s prvou srstou, ktorá ešte nepľzne, bez ohľadu na hmotnosť. Jedná sa o kožu teliat cicajúcich mlieko, ktoré ešte neprešli na rastlinnú potravu. Pohlavie sa nerozdeľuje, aj keď

platí zásada, že jalovičky majú hladšiu a lepšiu kožu ako býčky, ktoré niekedy mávajú v hotovej usni mliečne vrásky.

Hmotnosť a veľkosť tel'acín býva rôzna. Zaraďujú sa medzi najkvalitnejšie vrchové ľahké obuvnícke materiály. Z hľadiska delenia sú koncipované do nasledujúcich skupín:

- **Tel'acinový box hladký** – useň vyčinená sólami chrómu, spravidla prefarbená dechtovými farbami. Líce usni sa upravuje kazeínovými kryciami farbami, leštením a vo väčšine prípadov aj kaderením.
- **Tel'acinový velúr** – zvršková tel'acina vyčinená sólami chrómu a sýto vyfarbená dechtovými roztokmi na požadovaný odtieň. Môžu sa taktiež používať usne s poškodeným lícom, nakoľko sa brúsi len rubová strana.
- **Tel'acinový nubuk** – je zvršková tel'acinová useň vyčinená sólami chrómu a následne prečinená trieslovinami. Na lícnej strane sa upravuje jemným brúsením tak, aby sa táto vrstva úplne odstránila [1].

1.3.3 Bravčovina

V porovnaní s ostatnými typmi sa používajú pomerne krátko. Rozmach ich použitia nastal až po druhej svetovej vojne. Ich charakteristickým znakom je veľmi rozbrázdnené líce, zreteľné priehlbinky po chlpoch, ktoré vytvárajú prirodzenú lícovú kresbu. Celú hrúbku kože tvorí papilárna vrstva, čo udáva špeciálne vlastnosti. Má sklony k tuhnutiu, ale zato má výbornú odolnosť voči odretiu. Najviac sa využívajú v galantérnom priemysle na výrobu aktoviek a kabeliek. V súčasnosti sa uplatňujú aj ako zvrškové materiály. Rozdelenie bravčovín je uvedené v nasledujúcom texte:

- **Bravčovinová useň lícna hladká a tlačená** – usne sú vyčiňované chromitými sólami po predchádzajúcom predčinení hlinitými sólami
- **Bravčovinový velúr** – tieto kože sú vyčiňované chromitými sólami, farbja sa dechtovými farbami a upravujú sa brúsením po rubovej strane. Brúsenie sa vykonáva pred farbením. Používa sa na výrobu dámskej a dievčenskej obuvi a v galantérnom priemysle na výrobu kabeliek a aktoviek.
- **Štiepankový velúr** – surovinou pre výrobu je bravčovinová štiepanky, ktorá musí mať dostatočnú plochu a hrúbku. Useň je vyčinená chromitými sólami, podfarbená

dechtovými farbami a je veľmi ťažná, riedka a má malú pevnosť v ťahu. Používa sa na zvršky domácej obuvi a na letné druhy vychádzkovej obuvi.

- **Bravčovinový nubuk** – na jeho výrobu sa vyberajú kože jadrové bez poškodenia na líci, ktorý sa upravuje brúsením. Používa sa na výrobu vychádzkovej obuvi.
- **Bravčovinová useň waterproof** – na výrobu sa používajú bravčoviny o vysokej hmotnosti. Vyčiňujú sa chromitými sólami. Useň je silne premazaná, čím sa dosiahne vysoký hydrofóbny efekt [1].

1.3.4 Kozina

Kože z kôz sú tenké a zaberajú malú plochu. Lícová kresba kozín je dostatočne ozdobná. Čím je menšia, tým má surovina väčšiu cenu. Charakteristickým znakom koziny je pomerne silne rozbrázdnená papilárna vrstva kože po chlpoch, vytvárajúci ozdobný, ťažko napodobiteľný líc. Koziny budú rozdelené do nasledujúcich častí:

- **Kozinové ševró** – vyrába sa z kozích alebo kozľačích usní chromičnením.
- **Kozinový šagrén** – je useň vyrobená z kozín, vyčinená chromitými sólami a plnená trieslovinami. Rub sa nefarbí, ponecháva sa v prírodnej farbe. Líce sa upravuje na požadovanú úpravu kazeíno-polymérnou reakciou.
- **Kozinový velúr** – useň sa vyčiňuje chromitými sólami, prefarbuje sa dechtovými farbivami najmenej do dvoch tretín hrúbky usne. Rub sa upravuje brúsením, podobne ako u teľacínového velúru, a to dvojstupňovou metódou [1].

1.3.5 Konina

Získavajú sa z dospelých koní alebo žriebät. Patria sem aj kože z mulíc a oslov. Vyvinutá papilárna vrstva kože a lícna kresba vytvárajú skupinu usní zaraďujúcich sa medzi kategóriu hovädzín a kozín. Štruktúra kože je väčšinou podobná hovädzine, má pomerne redšiu a nerovnakú spleť kolagénových vlákien a lícová kresba sa podobá usniam kozinovým. Podľa staroby zvieratá majú veľmi rozdielnu kvalitu. Vo všeobecnosti sa konina využíva najmä na výrobu športovej obuvi, ako aj športových doplnkov. Pre názornosť budú uvedené dva významné typy konín:

- **Koninové ševró** – vyrába sa z konských predkov. Sú to predné časti kože dospelých zvierat. Vyčiňujú sa sólami chrómu a podfarbujú dechtovými farbivami. Používa sa na výrobu capačiek, sandálov a lemoviek.
- **Koninový nubuk** – pre jeho výrobu sa používajú usne s poškodeným lícom. Vyrábajú sa podobne ako hovädzinový nubuk. Majú však drsnejší rub a drsnejší vlas [1].

1.3.6 Reptílie

Sú to usne z rôznych druhov studenokrvných živočíchov, akými sú jašterice, hadi, ryby atď. Medzi popredne spracovávané a využívané patria kože stiahnuté z jašterov a hadov.

Kože z jašterov majú namiesto chlpov rohovitú dosku, rôzne zafarbené živočíšnym pigmentom, čo dáva týmto usniam typický vzhľad. Kožiarske spracovanie, najmä odstraňovanie zrohovatených dosiek v luhárni, je do značnej miery obtiažne. Najväčšie problémy s odstraňovaním zrohovatených dosiek bývajú predovšetkým pri veľkých jašteroch, ako je krokodíl a aligátor.

Hlavným producentom koží z hadov a jašterov sú tropické krajiny. Spracovanie hadej kože je jednoduchšie, ale vyžaduje zvláštnu pozornosť, aby sa pri ich výrobe zachovala ozdobná kresba. Usne sa využívajú k výrobe luxusnej obuvi a galantérneho tovaru [2].

2 ČINENIE

Činenie je zložitá chemicko-mechanická operácia, pri ktorej dochádza k premene kože na useň. Useň po tomto procese vykazuje markantne odlišné vlastnosti oproti nespracovanej kože. Je odolnejšia voči vode, nepodlieha hnilobe, má zvýšenú chemickú odolnosť a mechanické vlastnosti vykazujú trvalejší charakter [2].

Zmienka o činení je dodaná z hľadiska vzniknutých hypotéz, ktoré vystihujú možný vplyv na tepelne izolačné vlastnosti.

Teória činenia nie je jednoznačne opísaná. Z doterajších poznatkov sa dozvedáme, že činením sa nahrádza koloidne viazaná voda vyčiňujúcimi látkami. Dochádza k odbúravaniu vlákna so súčasným viazaním činiva. Podľa týchto informácií vieme, že useň je vlastne kolagén s naviazanými činiacimi látkami. Celý dej je vyjadrený jednoduchou rovnicou:

$$\text{kožné vlákno} + \text{činiaca látka} = \text{usňové vlákno (useň)} + \text{voda} \quad (1)$$

Proces činenia je podľa chronológie priebehu rozdelený do dvoch etáp. V prvom stupni procesu dochádza k difúzii vyčiňujúcej látky do mikropapilárneho systému a v stupni druhom o interakciu s funkčnými skupinami kolagénu [6].

Podľa toho, aký spôsob činenia využijeme, získavajú usne rôzne špecifické vlastnosti potrebné pre spracovanie v konfekčnej výrobe. Z tohoto hľadiska môžeme preto usne rozdeliť na ďalšie podskupiny. Najpoužívanější a najrozšírejší spôsob s najširším záberom do spracovania materiálov je činenie chromitými sólami [2].

2.1 Chromité soli a ich komplexy

Tento spôsob činenia patrí medzi najrozšírejšie. Používa sa v rôznych variáciách. Najrozšírejším je jedno kúpeľový spôsob činenia chromitými, redukovanými, bázifikovanými i maskovanými brečkami. Redukovaný spôsob sa používa v prípade, kedy je chróm šesťväzbový.

Vyčiňujúce vlastnosti majú najmä hydroxo zlúčeniny trojväzbového chrómu, ktoré sú rozpustné vo vode. Normálne soli a roztoky týchto solí nemajú spracovateľskú schopnosť. Vyčiňovania schopnými sa stávajú až vtedy, keď sa prevedú na bázické soľ. Tento spôsob je vhodný takmer pre všetky druhy koží, najmä však pre spracovanie koží na zvrškové usne.

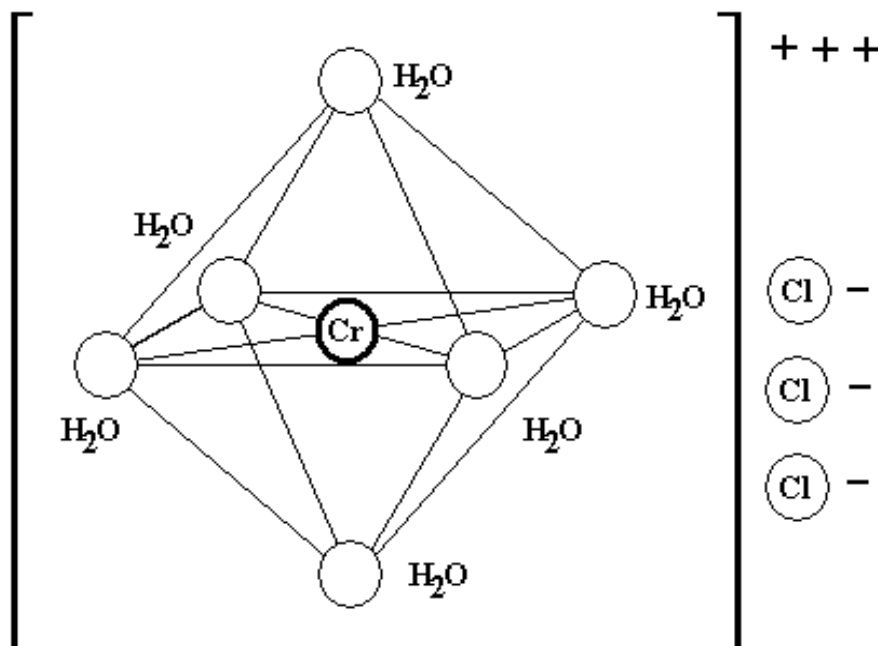
Vznik komplexných zlúčenín

Vznik donorno - akceptornej väzby nadobúda v kožiarskom spracovaní veľký význam. Ako bolo spomenuté najrozšírenejší spôsob vyčiňovania usní prebieha pomocou chromitých solí. Soli chrómu dosahujú vhodnú aktivačnú energiu pre tvorbu väzby s kolagénom práve v stave komplexnej zlúčeniny. Najčastejšie sa jedná o vodné roztoky, ktoré behom činiaceho procesu, riedením, starnutím a varom, značne menia charakter týchto solí, najmä pH a štruktúru.

Zlúčeniny trojväzbového chrómu sa používajú v prevažnej miere ako bázičné sírany chromité, ktorý sa v zlúčeninách nenachádza vo forme $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$, ale chróm je viazaný vo forme komplexu obsahujúceho molekuly vody a má určitú bázicitu [2].

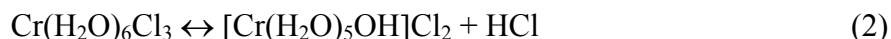
Chróm má jedinečnú schopnosť tvoriť komplexné zlúčeniny. Znamená to, že okrem spárovania troch valenčných, väzbových elektrónov dokáže vytvoriť šesť koordinačných väzieb. Tieto valenčné sily sú omnoho väčšie než sily, ktoré sa vytvoria medzi opačne nabitými iónmi.

Koordinačne viazané skupiny alebo ióny si možno predstaviť ako vrcholy osemstenu, pričom v prostriedku sa nachádza atóm chrómu, ktorý je neutrálny (viď obr. 1.)



Obr. 1. Chromitý komplex chloridu chromitého

Vo vodnom roztoku v dôsledku hydrolýzy nastáva reakcia:

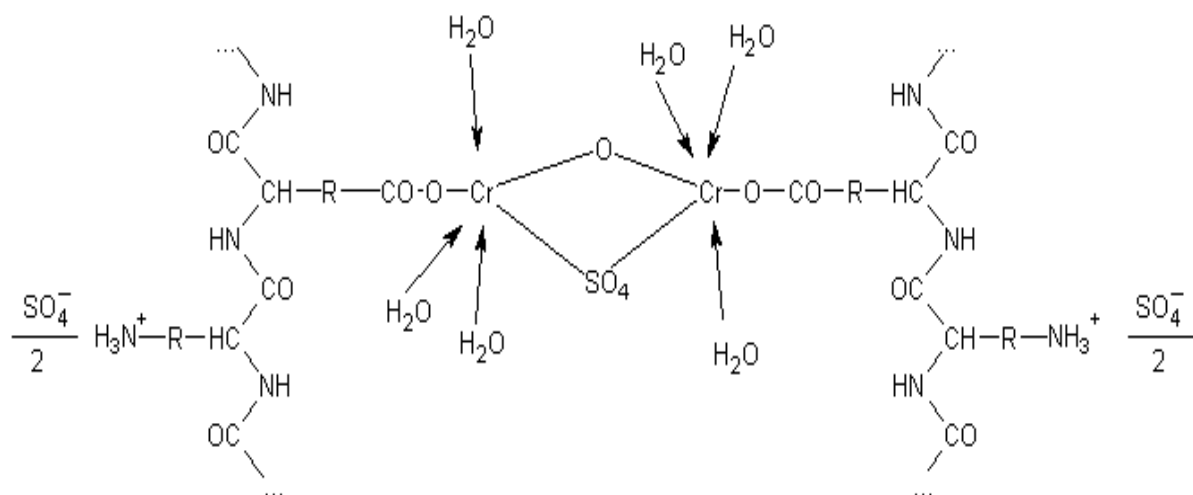


Ako je vidieť, z jednej akva skupiny komplexu sa odpúta vodíkový ión. Hydroxilová skupina zostáva vo vnútri komplexu a, vodíkový ión sa zúčastní na tvorbe kyseliny chlorovodíkovej mimo komplex. Roztok sa stáva kyslejším za súčasného zvyšovania bázicity komplexu. V momente, keď sa roztok ustáli a vytvorí sa rovnováha, nadobúda činiace vlastnosti [2].

Jednotkou bázicity sú stupne, ktoré udávajú pomer chrómu k hydroxidu, ktorý sa naň viaže. Vyjadruje sa v percentách alebo v Schorlemerových stupňoch. Postupným pribúdaním hydroxy skupín sa zvyšuje bázicita. Do 33 percentnej bázicity sú molekuly pomerne malé. Roztoky s bázicitou okolo 50 percent už obsahujú väčší podiel pomerne veľkých molekúl. Pri vyššej bázicite už nastáva silná agregácia molekúl a výsledkom je vznik nerozpustného hydroxidu chromitého [2].

Priebeh chromo činenia

Koncentrované roztoky chromitých solí dávajú usne s menším kladným nábojom. Pri sušení usne, kedy sa brečka koncentruje na vlákne, dochádza k posunu nábojov smerom k tvorbe aniónových komplexov. Tento posun náboja v povrchu usni veľmi ovplyvní ich farbenie a mazanie. Vlastný proces činenia prebieha na polypeptidických reťazcoch kolagénu. Toto činenie prebieha tak, že voľné karboxylové skupiny kolagénu vstupujú ako acido komplexy do chromitého komplexu. Slabšie komplexy tvorné akva skupiny sú vytlačané. Uvedená schéma znázorňuje viazanie dvoch polypeptidických reťazcov cez chromitý komplex (viď obr. 2.).



Obr. 2. Viazanie polypeptidických reťazcov cez chromitý komplex

Maskovanie

Maskovaním rozumieme zníženie aktivity chromitých komplexov voči reaktívnym skupinám kolagénu. Inak povedané, nie len kolagén, ale aj iné látky sú schopné vytvoriť komplexnú väzbu k chrómu. Tieto látky dokážu meniť vlastnosti chromitých komplexov (maskujú chróm). Z hľadiska činenia zaručuje maskovaný chróm lepšie vyčinenie. Useň je plnšia, líc sa stane uzavretejším a plnším.

2.2 Triesloviny

Použitie trieslovín je spojené s historickými počiatkami koželužstva. Vztahuje sa k tým najprimitívnejším spôsobom spracovávania zvieracej kože a pôvodné technológie sa s nepatrnými zmenami uchovali do nedávnej doby. Triesloviny plnia funkciu činiva, sú to zložité organické látky vyskytujúce sa v prírode alebo vyrábané synteticky.

Suroviny, z ktorých sa triesloviny izolujú, nazývame trieslivá. V prírode sú to kôry, drevo, listy, plody a korene niektorých rastlín, ktorých lúhovaním dostávame výťažky, ktoré môžeme použiť na priame činenie. Vedľa prírodných ešte existujú aj syntetické, ktoré obsahujú omnoho viac trieslovín než prirodzené. Ich vlastnosti sú navzájom dosť odlišné.

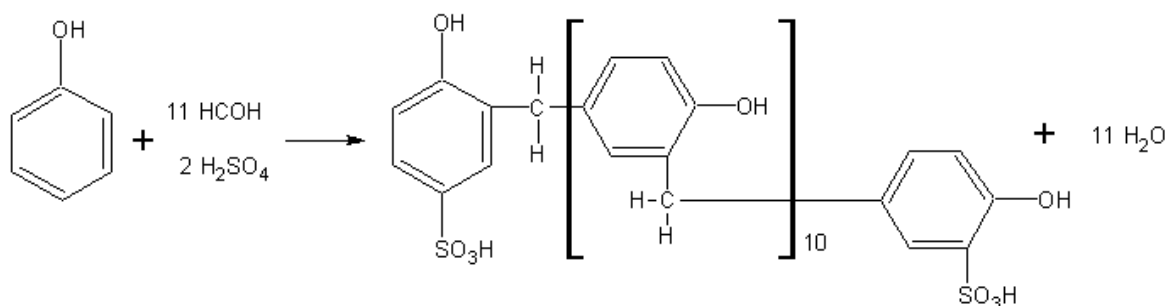
2.2.1 Prírodné triesloviny

Sú obsiahnuté v rastlinách. Všeobecne môžeme tvrdiť, že podstatnú časť takmer všetkých prírodných trieslovín tvoria sacharidy, na ktoré sú viazané viacväzbové fenoly alebo zložky s väčším počtom aromatických jadier obsahujúcich hydroxy skupiny. Prostredníctvom týchto skupín môžu kondenzovať a vytvárať tak zložitejšie štruktúry. Pre názornosť je uvedená štruktúra jednej molekuly čínskeho tanínu v prílohe P V. Konkrétne čínsky tanín bude reagovať svojimi -OH skupinami, pretože ich má nadbytok a iné sa v molekule ani nenachádzajú. Nakoľko sú hydroxy skupiny viazané na benzénové jadro, kladný mezomérny a záporný indukčný efekt zapríčinia skutočnosť, že elektróny sú z väzby O-H vťahované do benzénového cyklu, ktorý zapríčini, že sa nechovajú ako zásady ale ako kyseliny. To znamená, že budú v roztokoch odštepovať vodík, pretože hydroxy skupina spomínanými skutočnosťami nadobudla silne polarizovaný charakter. Prírodné triesloviny sa teda budú chovať voči kolagénu ako kyseliny [2].

2.2.2 Syntetické triesloviny

Výrobu syntetických trieslovín podmienil nedostatok prírodných látok podobnej štruktúry. V priebehu času sa syntány, ako hovoríme syntetickým trieslovinám, natoľko osvedčili, že svojimi vlastnosťami predčili prírodné. Dokonca sa podarilo vytvoriť tak špeciálne účinky na useň, ktoré s prírodnými látkami neboli nikdy dosiahnuté.

Ich výroba je spojená s princípom kondenzácie predovšetkým nasulfónovaných reakčných poloproduktov. Účelom sulfonácie je vniesť do molekúl rôznych látok skupiny $-\text{SO}_3\text{H}$. Robí sa tak pridaním presného, vopred vypočítaného množstva kyseliny sírovej. Ako typický prípad výroby syntánu si naznačíme mechanizmus prípravy Kortánu SN-25 (viď obr. 3.).



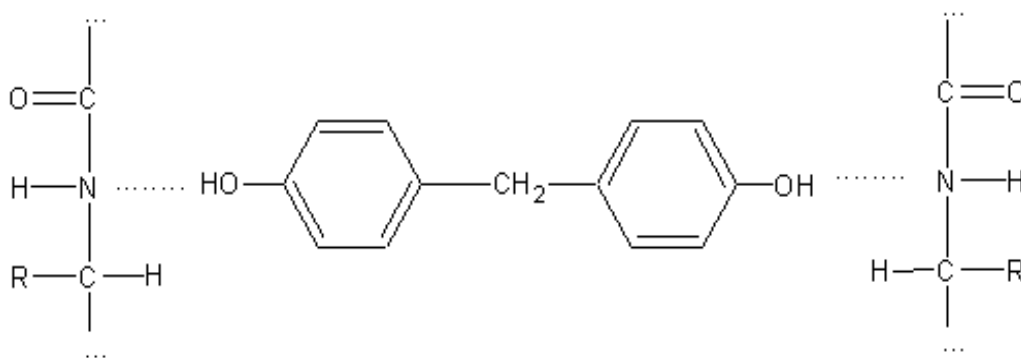
Obr. 3. Príprava Kortánu SN-25

Syntetické trieslivá spravidla obsahujú rôzne typy aktívnych skupín. Najväčšiu stabilizujúcu funkciu na kolagén z nich má skupina $-\text{SO}_3\text{H}$, ktorá zanecháva pri disociácii triesliva záporný náboj a kyslý charakter (obdobne ako $-\text{OH}$ skupina u prírodných trieslív) [2].

Interakcia syntánov s kolagénom

Pri viazaní syntánov na bielkoviny kožnej látky prichádzajú do úvahy tri druhy väzieb [7]:

- elektro kovalentná väzba medzi sulfoskupinou syntánu a zásaditou skupinou kolagénu
- vodíková väzba medzi fenylovým hydroxylom a peptidovou väzbou; je to najtypickejšia interakcia pri vyčisňovaní trieslovínami (viď. obr. 4)



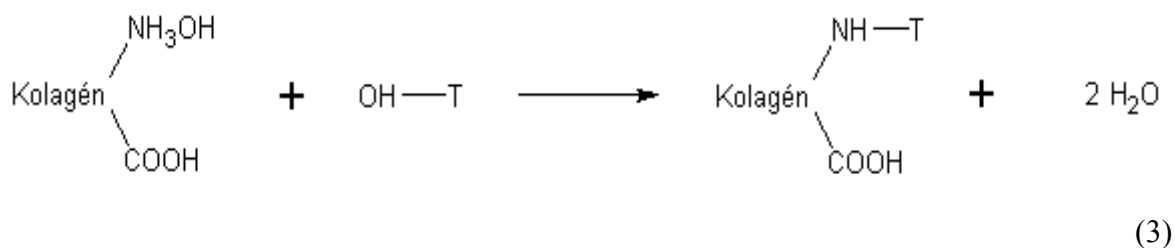
Obr. 4. Vznik vodíkovej väzby medzi fenylovým hydroxidom a peptidovou väzbou

- c) kovalentná väzba medzi chinónmi, ktoré vznikajú pri oxidácii fenylového hydroxyly s aminoskupinou

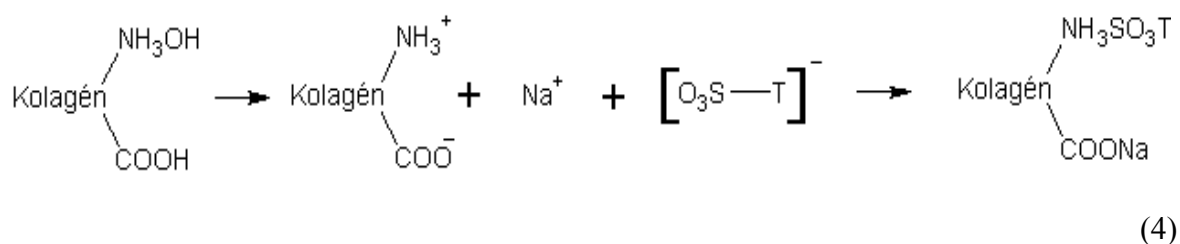
2.2.3 Priebeh činenia

Useň činenú trieslovinami môžeme považovať za zlúčeninu typu soli, pri ktorej vzniku vystupoval kolagén ako slabá zásada a triesloviny ako slabé kyseliny. Priebeh sa rozdeľuje do dvoch na seba nadväzujúcich stupňov. V prvej fáze dochádza k difúzii trieslovín do holiny nasýtenej vodou. Druhým stupňom je potom vlastná reakcia trieslovín s povrchom kolagénových vlákien. Triesloviny sa musia vopred uložiť na povrchu polypeptidických reťazcov a potom dochádza k vlastnej reakcii medzi aktívnymi skupinami kolagénu a triesloviny. Pokiaľ vznikne taká väzba, pri ktorej trieslovina tvorí akýsi mostík medzi dvoma peptidickými reťazcami, spevní a stabilizuje sa štruktúra kolagénu, potom sú tieto látky z usne neodstrániteľné [2].

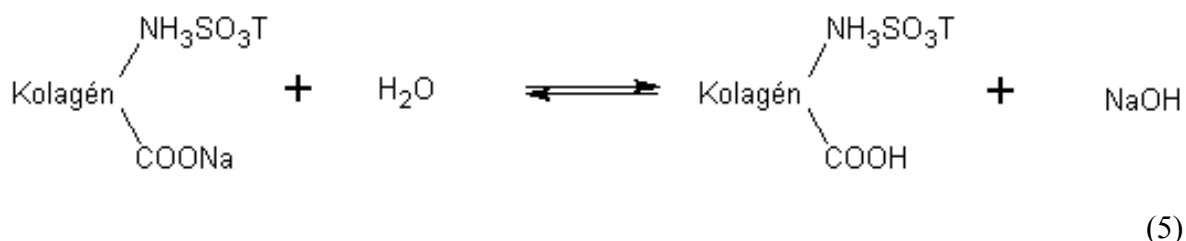
Kolagén reaguje so všetkými trieslovinami prevažne svojimi amino skupinami. Oboje triesloviny sa chovajú ako záporne nabitú časticu a viažu sa prostredníctvom svojich hydroxidových skupín alebo sulfo skupín. Reakciu kolagénu s trieslovinami môžeme teda znázorniť rovnicami:



alebo v prípade syntetických trislovín (znázornene iónovo):



Ak nastane hydrolýza tejto väzby, prebehne reakcia:



Uvoľňovanie hydroxydu sodného v praxi znamená zvyšovanie hodnoty pH brečiek.

Činenie trieslovinami nie je v súčasnej dobe považované za perspektívny spôsob, pretože je technologicky náročné a má pomerne dlhý výrobný cyklus. Nepatrí medzi ekonomicky výhodné spôsoby a kvality, ktoré boli v minulosti dosiahnuteľné len trieslovinami, sa dnes dajú docieľiť inými, prístupnejšími látkami.

Všeobecné postupné znižovanie produkcie usní činených trieslovinami neznamena úplnú likvidáciu toho spracovateľského systému. Bude ešte dlho trvať, než sa niektoré výrobky zaobídu bez tohto druhu usní [2].

V posledných dvoch kapitolách boli uvedené dva hlavné typy činenia. V súčasnosti sa využíva aj novší, progresívnejší typ, a to chromo - trieslovinové činenie. Má široké pole využitia. Princíp činenia spočíva v tom, že holina sa prechrómuje a dočiňuje sa zmesou rastlinných a syntetických trieslív, popríade len čistými syntánmi. Platí tu zásada, podľa ktorej platí, pre tuhé usne použiť len slabé prechrómovanie a pre usne mäkké vyššie dávky oxidu chromitého. Useň vyrobená touto metódou má dobrú nasákavosť a je odolná voči potu.

2.3 Ostatné činenia schopné látky

Pre názornosť a vytvorenie celkového prehľadu metód činenia uvádzame aj spôsoby používané v menšom meradle ako chromo a trieslo činenie [2].

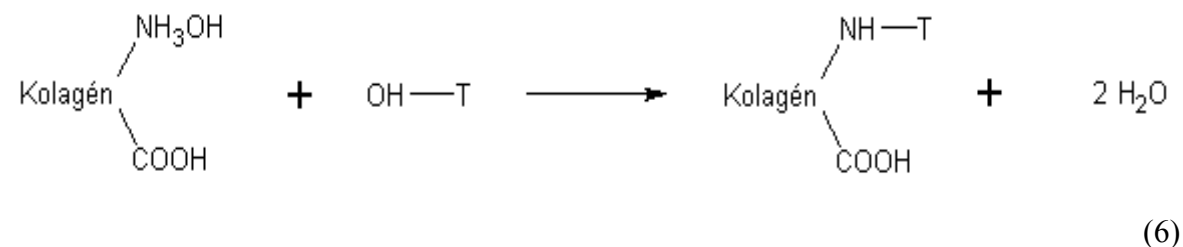
2.3.1 Hliník

Spracovateľská metóda (jirchářství) je najstaršia v kožiarskom rezorte. Jeho podstatou je činenie hlinitými soľami.

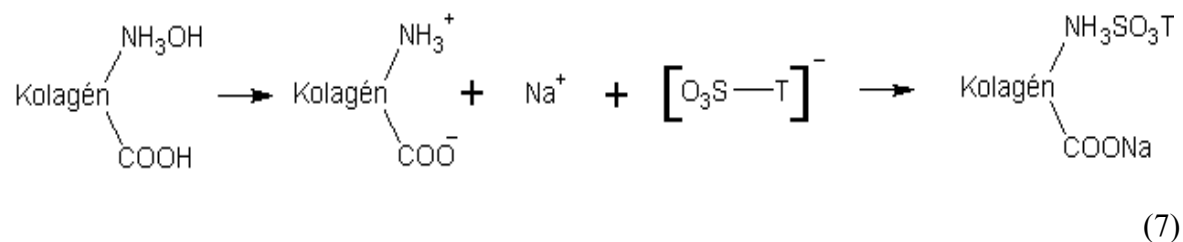
2.3.2 Aldehydy

Patrí k rozšíreným typom činenia. Látka používajúca sa na predčinenie je formaldehyd. Činenie v prítomnosti aldehydu prebieha výnimočne v zásaditom prostredí a pri vyššej teplote. Pri formaldehydovom činení dochádza k chemickému viazaniu činiva na amino skupiny kolagénu podľa nasledujúcej schémy:

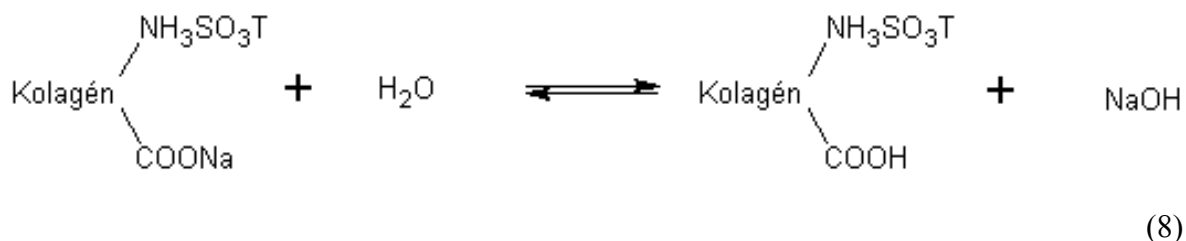
Kolagén reaguje so všetkými trieslovinami prevažne svojimi amino skupinami. Oboje triesloviny sa chovajú ako záporne nabité častice a viažu sa prostredníctvom svojich hydroxidových skupín alebo sulfo skupín. Reakciu kolagénu s trieslovinami môžeme teda znázorniť rovnicami:



alebo v prípade syntetických trieslovín (znázornene iónovo):



Ak nastane hydrolýza tejto väzby, prebehne reakcia:



Uvoľňovanie hydroxidu sodného v praxi znamená zvyšovanie hodnoty pH brečiek.

Usne činené formaldehydom sú biele, mäkké, ťažko farbitel'né, po čase starnú a rozpadávajú sa. Niektoré výhody sú nesporné. Po predčinení formaldehydom sa ušetrí značná časť ďalšieho činiva, ako napr. oxidu chromitého, trieslovín atď. Aj na výrobu zámišových usní sa používa ako predčiniaca látka. Ďalšou výhodou sú nízke výrobné náklady, nakoľko formaldehyd patrí k dostupným chemikáliám [2].

2.3.3 Tuk

Niektoré tuky živočíšneho i rastlinného pôvodu sa vyznačujú tým, že obsahujú nenasýtené karboxylové kyseliny, ktoré majú vyčiňujúci charakter. Zo živočíšnych sa využívajú rybie tuky a z rastlinných hlavne slnečnicový olej. Usne činené tukom sa nazývajú zámišové (zámiš) a samotnému čineniu sa hovorí zámišníctvo. Surovinou pre výrobu zámiša sú najmä jelenie kože (od toho ľudový názov jelenice), ďalej kože srncov, danielov, oviec a kôz. Hotové zámišové usne majú príjemnú žltohnedú farbu a dajú sa použiť v širokom spektre výroby [26]. V priemysle sa dokonca stretávame so zámišom ako filtračným materiálom, ktorým sa oddeľuje voda od benzínu, a pri leštení optických skiel [4].

V histórii spracovania koží bolo objavené množstvo iných metód, ktoré väčšinou z rôznych dôvodov nenašli širšie uplatnenie. Medzi látky s vyčiňujúcimi schopnosťami, dosiaľ nespomenuté, patrí aj živica. Využíva sa k dočiňovaniu veľmi výhodne pretože sa chemicky viaže na vlákno a kondenzáciou s formaldehydom vytvára nerozpustnú látku. Takto vzniknutý produkt vyplňa medzi vláknové priestory a tým zároveň useň impregnuje [2, 7].

3 MECHANIZMY ZDIEĽANIA TEPLA

Zvrškový materiál tvorí podstatnú časť obuvi, ktorá má hlavne izolačnú funkciu, ale umožňuje aj odvod prebytočnej tepelnej energie a vlhkosti.

Chodidlo je aktívny člen, permanentný zdroj vlhkosti a tepla, zatiaľ čo ostatné členy sú členmi pasívnymi a umožňujú odstraňovať vzniknutú vlhkosť a teplo, zároveň aj udržiavajú v topánke stálu mikroklimu t.j. určitú teplotu a relatívnu vlhkosť, ktoré vytvárajú subjektívne ideálny stav a tým pádom dávajú priestor pre vytvorenie hygienickej nezávadnosti. Obuvnícke materiály sú schopné plniť požiadavky zdravotnej nezávadnosti len za určitých predpokladov.

Zdieľanie tepla môže prebiehať tromi rôznymi mechanizmami: vedením (kondukciou), prúdením (konvekciou) a sálaním (radiáciou). V nasledujúcom texte budú stručne popísané jednotlivé možnosti prestupu tepla.

3.1 Zdieľanie tepla vedením

Zdieľanie tepla vedením nastáva predávaním kinetickej energie medzi časticami vplyvom teplotných rozdielov. Jedná sa teda o molekulárny mechanizmus zdieľania tepla. Molekuly a elektróny majú v mieste s vyššou teplotou vyššiu kinetickú energiu než v mieste s nižšou teplotou. Nakoľko sa kinetická energia prenáša z molekuly na molekulu alebo z elektrónu na elektrón, závisí tento proces do vysokej miery na vlastnostiach prostredia, v ktorom sa teplo vedie.

Vedenie tepla sa týka pevných, kvapalných a aj plyných látok. Znižovanie tlaku v plynách vedie k oddiaľovaniu molekúl a ku zvyšovaniu odporu proti vedeniu tepla. Plyny, najmä pri nízkom tlaku, sú veľmi zlými vodičmi tepla, rovnako ako niektoré pevné látky, a preto sa vyžívajú k tepelnej izolácii zariadení. Voľné a vysoko pohyblivé elektróny kovových materiálov sú príčinou ich vysokej vodivosti nie len elektrickej, ale aj tepelnej. V tekutinách vzhľadom k ich pohyblivosti dochádza k prenosu energie okrem vedenia tepla taktiež pohybom tekutiny [20].

3.2 Zdieľanie tepla prúdením

V nestacionárnom prostredí, t.j. predovšetkým v tekutinách (ale taktiež pri pevných časticiach vo fluidnej vrstve, pri pneumatickom transporte a v zosuvnej vrstve), dochádza k prenosu energie z miesta s vyššou energiou na miesto s nižšou energiou makroskopickým tokom častíc, t.j. z hľadiska teórie spojitého prostredia presunom veľkých súborov molekúl. Vo viaczožkových sústavách sa pri zdieľaní hmoty vytvorí koncentračný gradient, ktorý spôsobí difúziu častíc a odpovedajúci difúzny prenos energie. Ten súvisí so zdieľaním hmoty a v zrovnaní s prenosom tepla vplyvom prúdenia nie je obvykle významný. Prenos energie prúdením je viazaný na pohybujúcej sa hmotnej častici a je o rád až o dva intenzívnejší než bežné molekulárne zdieľanie (vedenie tepla) v tej istej látke. Oba tieto prenosi energie prebiehajú v pohyblivom prostredí súbežne.

Intenzita prenosu energie prúdením závisí aj na zložke intenzity pohybu častíc v smere požadovaného zdieľania tepla, t.j. obvykle smerom k fázovému rozhraniu alebo od fázového rozhrania, ktoré predstavuje plochu tepelnej výmeny alebo teplo zmenu plochu. Pritom hlavné prúdenie tekutiny prebieha pozdĺž tohto fázového rozhrania.

Prúdenie tekutiny pri zdieľaní tepla je buď voľné alebo nútené. Voľné prúdenie je vyvolané len rozdielom hustoty (vplyvom rozdielu teplôt) u teplo zmennej plochy a v jadre tekutiny. Až na výnimky (napr. voda v rozmedzí teplôt 0 až 4 °C) klesá hustota tekutiny so vzrastajúcou teplotou. Potom v teplo zmennej ploche s nižšou teplotou, než je teplota v jadre tekutiny, dochádza v gravitačnom poli k pohybu tekutiny dole. V jadre tekutiny, kde je vyššia teplota, dochádza naopak k pohybu tekutiny smerom nahor. V blízkosti nehybnej teplo zmennej plochy je rýchlosť prúdenia nízka, a prúdenie je tu preto laminárne aj pri turbulentnom prúdení v jadre tekutiny. V tomto prípade sa tu vytvára laminárna podvrstva, v ktorej sa tekutina pohybuje len pozdĺž teplo zmennej plochy. Skrze túto vrstvu môže teda nastať prenos energie pohybom častíc, ale len ich molekulárnym pohybom, t.j. vedením tepla.

Z jadra tekutiny sa energia na rozhraní s laminárnou podvrstvou prenáša nielen vedením tepla, ale predovšetkým pohybom tekutiny. Turbulentná fluktuácia rýchlosti v jadre tekutiny zvyšuje intenzitu prenosu energie. V laminárnej podvrstve sa prenáša energia len vo forme vedenia tepla. Celý tento mechanizmus sa nazýva zdieľanie tepla prúdením.

Istý mechanizmus prenosu energie je pri nútenom prúdení, ktoré môže byť realizované rôznym spôsobom. Z toho vyplýva rôzna intenzita a charakter pohybu častíc tekutiny k teplo zmennej ploche. Tým je daná rôzna intenzita prenosu energie prúdením. Napr. nútené prúdenie môže byť realizované rozdielom tlakov alebo samospádom v trubke [20].

3.3 Zdieľanie tepla sálaním

Ku zdieľaniu tepla sálaním (alebo žiarením či radiáciou) dochádza medzi dvoma telesami tak, že sa z jedného telesa energia vo forme elektromagnetického žiarenia prenáša na druhé. Proces prebiehajúci opísanou metódou býva označovaný ako tok tepla. V telese, ktoré vyžaruje (emitor), dôjde premene vnútornej energie na radiačnú. Opačný proces nastáva u druhého telesa, ktoré pohlcuje (absorbuje) časť radiačnej energie, ktorá dopadne na jeho povrch a premení ju na vnútornú energiu (absorbovaná radiačná energia). Aby k tomuto prenosu radiačnej energie z jedného telesa na druhé mohlo dôjsť, musí byť medzi dvoma telesami prostredie prepúšťajúce žiarenie. Takéto prostredie sa označuje ako transparentné.

Celkový tok žiarivej energie na teleso E môže byť z časti odrazený (reflexia) ako tok E_r , z časti pohltý (absorpcia) ako tok E_a z časti prepustený (transparencia) ako tok E_τ . Platí:

$$E = E_r + E_a + E_\tau \quad (9)$$

kde: E – celkový tok žiarivej energie [J],

E_r – odrazená energia [J],

E_a – pohltená energia [J],

E_τ – prepustená energia [J].

Relatívne miery jednotlivých tokov sú dané podielom z celkovej žiarivej energie.

Technicky sa zdieľanie tepla sálaním uplatňuje v prípade vysoko teplotných procesov, napríklad pri zdieľaní tepla v peciach.

Veľmi často prevažuje jeden mechanizmus nad ostatnými. Potom môžeme pri výpočtoch brať v úvahu len dominantný mechanizmus a ostatné zanedbať. Pokiaľ nie je možné predpokladať, že dominantný je len jeden proces, musíme uvažovať o zloženom zdieľaní tepla [8].

3.4 Zdieľanie tepla vedením

Tepelná vodivosť λ je vlastnosť, ktorá sa vyskytuje vo väčšine problémov zdieľania tepla či energie. Jej význam odpovedá významu viskozity pri zdieľaní hybnosti. Začneme Fourierovým zákonom vedenia tepla, ktorý definuje tepelnú vodivosť plynu, kvapaliny alebo tuhej látky. Základný tvar Fourierovho zákona je opísaný rovnicou:

$$q = -\lambda \nabla T \quad (10)$$

kde: q – vektor hustoty toku tepla [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$],

∇T – gradient teploty [$\text{K} \cdot \text{m}^{-1}$],

λ – tepelná vodivosť [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$].

Hustota tepelného toku vedením je úmerná tepelnému spádu a tepelnej vodivosti. V izotropnom prostredí, v ktorom sa teplota mení všetkými troma smermi, môžeme písať Fourierov zákon vedenia tepla v kartézskych súradniciach pre každý smer zvlášť:

$$q_x = -\lambda \frac{\partial t}{\partial x} \quad (11)$$

$$q_y = -\lambda \frac{\partial t}{\partial y} \quad (12)$$

$$q_z = -\lambda \frac{\partial t}{\partial z} \quad (13)$$

Vektor hustoty toku tepla je úmerný gradientu teploty a má opačný smer. V izotropnom prostredí sa teplo teda transportuje vedením v smere najstrmšieho poklesu teploty. Vedľa tepelnej vodivosti λ sa používa veličina zvaná teplotná vodivosť a [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]:

$$a = \frac{\lambda}{\rho \cdot c_p} \quad (14)$$

kde: ρ – hustota materiálu [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$],

c_p – merné teplo [$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$],

λ - tepelná vodivosť [W.m⁻¹.K⁻¹].

Teplotná vodivosť sa používa predovšetkým pri nestacionárnom zdieľaní tepla vedením [20].

Okrajové podmienky Fourierovej rovnice

Podmienky jednoznačne určujú:

- geometrické podmienky, charakterizujúce tvar a rozmery telesa, v ktorom proces prebieha,
- fyzikálne podmienky, charakterizujúce fyzikálne vlastnosti telesa,
- časové alebo počiatočné podmienky, charakterizujú rozloženie teplôt vo vyšetrovanom telese v počiatočnom,
- okrajové podmienky, charakterizujúce vzájomné pôsobenie vyšetrovaného telesa s obklopujúcim prostredím.

Geometrickými podmienkami sa určí tvar a rozmery telesa, v ktorom proces vedenia tepla prebieha [21].

Fyzikálnymi podmienkami sa určia fyzikálne parametre telesa, napr. tepelná, či teplotná vodivosť, hustota, koeficient prestupu tepla atď.

Počiatočné podmienky sú nevyhnutné pri vyšetrovaní nestacionárnych procesov a sú obsiahnuté v podmienkach zákona rozdelenia teplôt vo vnútri telesa v počiatočnom časovom okamžiku.

3.5 Tepelné vlastnosti

Tepelné vlastnosti materiálov sú charakterizované predovšetkým materiálovými konštantami akými sú merné teplo, teplotná a tepelná vodivosť.

3.5.1 Merné teplo

Merné teplo c_p [J.kg⁻¹.K⁻¹]. pri teplote t je množstvo tepla dQ v Jouloch, ktorým sa teplota hmoty zvýši o 1°C, vzťahnuté na jednotku hmoty m (na 1kg) [9].

$$c_p = \frac{1}{m} \cdot \frac{dQ}{dt} \quad (15)$$

kde: m – hmotnosť [kg],

dQ – zmena tepla [J],

dt – zmena teploty [K].

Kvôli tomu, že merné teplo sa s teplotou mení, uvádza sa pre aký rozsah teplôt alebo teplotu nameraná hodnota platí. Meranie merného tepla sa realizuje kalorimetricky. Rovnica (7) odpovedá len ideálnemu stavu, kedy nedochádza k iným dejom okrem kvantitatívneho prechodu všetkého dQ na skúmanú látku. V reálnom prípade sa vždy časť tepla, ktoré bolo dodané do kalorimetru spotrebuje na ohriatie jednotlivých súčastí prístroja. Teplo spotrebované na túto činnosť vystihneme korekciou rovnice (7), ak do nej bude zavedená tepelná kapacita kalorimetru K [J.K⁻¹].

Tepelná kapacita závisí na druhu látok, z ktorých sa sústava skladá, na jej hmote a na podmienkach, v ktorých sa nachádza, ak jej predáva teplo. Pre presné a spoľahlivé meranie tepelných kapacít sú najvhodnejšie adiabatické kalorimetre.

Merné teplo sa potom vyjadrí vzťahom:

$$c_p = \frac{dQ}{m \cdot dt} - \frac{K}{m} \quad (16)$$

kde: dQ – zmena tepla [J],

m – hmotnosť [kg],

dt – zmena teploty [K],

K – tepelná kapacita kalorimetru [J.K⁻¹],

m – hmotnosť [kg].

Pri prebiehajúcom merní musí byť kladený dôraz na tepelné straty, aby boli čo najmenšie. Pokiaľ sa táto podmienka nedá v požadovanom intervale usmerniť, výsledky musia byť korigované vhodným spôsobom.

Merné teplo je dôležitá konštanta popisujúca vzťah medzi koeficientom tepelnej a teplotnej vodivosti, ktorá vystupuje v základnej parciálnej diferenciálnej rovnici popisujúcu teplotné pole v pevnom materiále [9].

3.5.2 Teplotná vodivosť

Jedná sa o súčiniteľ teplotnej vodivosti a udáva, ako rýchlo sa vyrovná tepelný rozdiel na dvoch protiľahlých stenách kocky s hranou 1m. Je definovaná ako pomer teplotnej vodivosti k mernému teplu vzťahnutému na jednotku objemu.

Teplotná vodivosť je zistiteľná výpočtom z tepelnej vodivosti λ , merného tepla c_p a hustoty ρ meranej látky alebo meraním na Pykovom – Stahlanovom prístroji. Podstatou spomínanej zisťovacej metódy je zistenie doby, za ktorú prejaví určitá teplota na hornej ploche skúšobnej doštičky, položenej na hladinu ortuťového kúpeľa vytemperovaného na 100°C. Skúšobná vzorka musí byť presne zmeraná, jej steny musia byť hladké a rovnobežné. Meranie teploty sa prevádza pomocou termočlánku. Doštička opatrená termočlánkom sa položí na hladinu ortuti a zistí sa čas, za ktorý odvrátená strana skúšobného telesa dosiahne 50°C. Okamžik správneho ukončenia testu nastáva v bode, kedy sa rozpustí difenylamín, ktorý má presne definovaný bod topenia [8]. Teplotná vodivosť a – teplotná vodivosť [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$] je vypočítateľná podľa vzťahu:

$$a = C \cdot \frac{\delta}{\tau} \quad (17)$$

kde C – konštanta prístroja,

δ – hrúbka doštičky [m],

τ – čas [s].

Meranie sa reprodukuje aspoň päťkrát a vypočíta sa aritmetický priemer, ktorý je potom strednou tepelnou vodivosťou skúšanej látky v rozmedzí teploty od 20 do 100°C. Konštanta prístroja C sa určí experimentom. V priebehu experimentu je použitá skúšobná doštička z nerastnej látky, ktorá má presne definovanú strednú tepelnú vodivosť (napr. sadra, sklo).

3.5.3 Tepelná vodivosť

Pri hodnotení materiálov a výrobkov sa ich schopnosť izolačné schopnosti najčastejšie charakterizujú konštantou tepelnej vodivosti λ . Tepelná vodivosť je fyzikálny parameter látky, ktorý závisí na veľa faktoroch. Spomedzi tých najdôležitejších sú uvedené: chemické zloženie, vlhkosť, tlak, teplota a hustota skúmanej látky. Tepelná

vodivosť je teda intenzita tepelného toku q vzťahnutá na gradient teploty. Uvedené platí len pre homogénne izotropné látky.

Intenzita ustáleného tepelného toku q [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$] je množstvo tepla prechádzajúceho za jednotkový čas τ jednotkovou plochou F kolmú na smer toku:

$$q = \frac{Q}{F \cdot \tau} \quad (18)$$

kde: Q – teplo [W],

F – plocha [m^2],

τ – čas [s].

Gradient teploty je pokles teploty na malej dĺžke dl v smere tepelného toku, vtiahnutý na jednotku hrúbky. Pre určitú hrúbku δ je teda tepelná vodivosť daná vzťahom:

$$\lambda = \frac{Q}{F \cdot \tau} \cdot \frac{d\delta}{dt} \quad (19)$$

kde: Q - teplo [W],

F - plocha [m^2],

τ - čas [s],

$d\delta$ - zmena hrúbky,

dt - zmena času.

Tepelná vodivosť hmoty sa udáva ako množstvo tepla vo W, ktoré prejde v ustálenom stave skúšanou doskou jednotkovej plochy a hrúbky za 1s pri teplotnom gradiente $1 \text{ K}\cdot\text{m}^{-1}$.

Zo vzťahu (17) je zrejmé, že straty tepla vedením sú tým väčšie, čím menšia je hrúbka a čím väčšia je tepelná vodivosť daného materiálu pri rovnakom teplotnom gradiente. Z ekonomického a technického hľadiska je výhodné používať materiály, ktoré majú veľkú hrúbku. Hrúbka materiálu je väčšinou daná celkovou konštrukciou, a preto smer určujúcou hodnotou pre minimum tepelných strát je tepelná vodivosť.

Všetky heterogénne prímеси môžu tepelnú vodivosť značne meniť. Najväčší vplyv má vzduch a preto porézne materiály majú vodivosť vždy podstatne menšiu než materiály hutné. Je to zapríčinené nízkou hodnotou tepelnej vodivosti vzduchu. Preto sa ako vhodný

izolátor volí materiál porézneho charakteru. Priebeh tepelnej vodivosti sa opisuje na základe molekulárnej teórie ako šírenie tepelných vln. Každý materiál poskytuje lepšie, či horšie podmienky pre šírenie týchto vln. Kryštalické látky vykazujú vďaka svojej pravidelnosti väčšiu tepelnú vodivosť ako látky amorfné s nepravidelnou štruktúrou.

3.6 Meranie tepelnej vodivosti

Meranie tepelnej vodivosti je možné uskutočniť viacerými metódami. Medzi najviac používané sa radí stacionárny a nestacionárny princíp zisťovania. Pre každý z nich boli v praxi vypracované konkrétne metódy. Všeobecne je možné povedať, že pre materiály s dobrou tepelnou vodivosťou postačí stacionárna metóda a pre tepelné izolanty sú najvhodnejšie nestacionárne metódy.

Stacionárne metódy sú nevýhodné z hľadiska nedokonalkej tepelnej izolácie zdroja tepla od okolia, čo znižuje jeho použiteľnosť, prípadne presnosť. Pri nestacionárnych metódach je možné tepelné straty vhodným spôsobom eliminovať [10,11].

3.6.1 Stacionárne meranie

Pri stacionárnom vedení tepla sa vychádza z poznatku, že teplota nie je funkciou času, ale len súradníc. Najjednoduchší prípad, ktorý sa v teórii vedenia tepla vyskytuje je jednorozmerné stacionárne vedenie rovinnou doskou.

Typickým predstaviteľom stacionárnych metód je metóda Dr. BOCKA [12], prípadne jeho varianty [13]. Schému zapojenia zariadenia nájdete v prílohe P I.

Podstata merania pri tejto metóde spočíva v tom, že sa skúšobné teleso vloží medzi dve temperované dosky prístroja. V ustálenom stave teplôt oboch dosiek, pričom horná má teplotu o 5 až 10 °C vyššiu než dolná, sa meria kolmý prietok tepla skúšobným telesom o známej hrúbke.

Skúšobné zariadenie sa skladá zo dvoch rovnobežne položených dosiek. Konštantná teplota oboch dosiek je udržiavaná pomocou kvapaliny čerpanej z termostatu alebo priamo reguláciou odporového ohrievania v kovovom bloku. Vo vnútri hornej dosky je umiestnená menšia odizolovaná doska kruhového prierezu, v ktorej sa nachádza ohrevná špirála. Táto je spojená s okolím termostatovou časťou rozdeľovacím termočlánkom, ktorý zapína okruh vyhrievacej špirály tak, aby diferenciácia teplôt oboch častí bola menšia než

0,05 °C v ustálenom stave. Elektrický príkon ohrievacej špirály tvorí tepelný tok cez skúšobné teleso do spodnej chladnejšej vrstvy.

Na meranie sa používajú telesá kruhového tvaru s priemerom minimálne 20 mm, väčším než je priemer mernej dosky. Úpravám plochy skúšobných telies sa musí venovať najvyššia pozornosť. Plochy musia byť rovné, hladké a planoparalelné.

Postup skúšky je taký, že sa medzi dve dokonale očistené dosky prístroja vloží skúšobné teleso a mikrometrom sa zmeria jeho hrúbka s presnosťou na 0,01 mm. V priebehu skúšky nie je vhodná prítomnosť vzduchových bublín medzi meracími doskami a skúšobným telesom, a preto sa žiadany negatívny efekt odstraňuje ošetrovaním povrchu pomocou kvapaliny (olej, glycerín at.). Na doskách prístroja sa nastaví teploty tak, aby ich rozdiel bol v intervale 5 až 10 °C.

Po uvedení prístroja do činnosti a dosiahnutí ustáleného stavu sa odčítajú po pätnásť minútových intervaloch údaje watt metra, číselné hodnoty z teplomerov monitorujúcich hornú a dolnú dosku.

Intenzita tepelného toku q je daná vzťahom:

$$q = E \frac{N}{\tau}$$

(20)

kde E – je konštanta prístroja odpovedajúca jednotlivým stupňom príkonu zahrievania,

N – spotreba elektrickej energie [Wh],

τ – čas [h].

Tepelná vodivosť λ sa počíta použitím vzťahu:

$$\lambda = \frac{q \cdot \delta}{\Delta t - q \cdot k}$$

(21)

kde q – je intenzita tepelného toku [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$],

δ – priemerná hrúbka skúšobného telesa [m],

Δt – teplotný spád, rozdiel teplôt medzi hornou a dolnou doskou [°C],

k – konštanta prístroja zahrňujúca prestupy tepla na skúšobných telesách a teplomeroch.

Nevýhodou stacionárnych meracích metód je časová náročnosť a nutnosť stanovovať tepelnú vodivosť len suchých materiálov. V takomto prípade sa nepresnosť merania pohybuje okolo 1 %. S rastom vlhkosti v meranom materiáli sa presnosť merania zhoršuje [22].

3.6.2 Nestacionárne meranie

V súčasnej dobe sa začínajú postupne uplatňovať metódy založené na neustálenom toku tepla. Metódy s týmto princípom majú radu významných výhod. Výhodou metódy je malá časová náročnosť, ktorá umožňuje získať reprezentatívne hodnoty aj u tak nehomogénnych materiálov akými sú usne.

Pri nestacionárnom vedení tepla sa teplota v určitom mieste mení s časom. V praxi sa najčastejšie stretávame s prípadom, kedy je teplo vedené len v jednom smere.

Jednou z najviac používaných nestacionárnych metód merania koeficientu tepelnej vodivosti je metóda podľa Fitcha [14]. Zapojenie je uvedené v prílohe P II.

Merací prístroj je zložený z dvoch častí, z medenej dosky a medeného valčeka s rovnými čelnými plochami, v ktorých sú zabudované termočlánky med' – konštantán. Medená doska tvorí dno hornej nádoby, v ktorej sa udržiava stála teplota. Medený valček je izolovaný. Termočlánky sú vyrobené z Cu – Ko a sú zapojené ako diferenciálne a údaje z nich sú registrované galvanometrom. Medzi medenou doskou a valčekom sa pri meraní vkladá vzorka materiálu v tvare dosky o malej hrúbke.

Princíp metódy spočíva v meraní teploty merného medeného valčeka, ktorý je cez skúšobné teleso ohrievaný od medenej dosky konštantnej teploty. Z tepelných pomerov je pre špeciálne geometrické usporiadanie [15] možno získať jednoduchý vzťah medzi tepelnou vodivosťou a rastom teploty [16, 17, 18, 19].

CIELE DIPLOMOVEJ PRÁCE

Ako bolo prezentované v úvode je v obuvi veľký dôraz kladený na mikroklimu. Túto tvorí niekoľko čiastkových faktorov, z ktorých sa budeme zaoberať teplotou v nosenej obuvi, ktorá je tvorená prítomnosťou chodidla a prestupu tepla z okolia cez zvrškový materiál. Teplo, ktoré cezeň prestúpi, neovplyvňuje len výslednú teplotu v obuvi, ale aj iné, veľmi dôležité subjekty, a to najmä vlhkosť. Táto pri veľkých rozdieloch teplôt medzi okolím a samotným chodidlom spôsobuje nadmernú kondenzáciu pár a následne aj možné kožné ochorenia. Ako je zrejmé, zaoberať sa touto tematikou bude prínosná činnosť, ktorá by svojimi výsledkami mohla prispieť k pozitívnemu rozvoju teórie obúvania.

Meraním budú mapované tepelné vlastnosti niekoľkých druhov prírodných materiálov, teda usní. Všetky vzorky sú špecifické z niekoľkých hľadísk. Medzi tieto patrí hlavne pôvod materiálu, spracovanie, hrúbka, rôzne druhy vyčisňovania a následné finálne úpravy. Táto práca by mala opísať dej prestupu tepla v závislosti práve na vyššie uvádzaných faktoroch, ktoré charakterizujú daný materiál. Týmito poznatkami by sa mohlo napomôcť výrobcovi rozriešiť prípadne vzniknutú dilemu spojenú s výberom materiálu pre tvorbu topánok hlavne sezónneho charakteru (zimná, letná obuv, atď.).

Všetky spomínané vzorky budeme merať prístrojom určeným na zisťovanie prestupu tepla. Namerané hodnoty sú spracovávané do tabuliek, z ktorých sú vyvedené závery pre jednotlivé druhy usní. Tieto isté hodnoty sú paralelne spracované aj do formy vstupných dát pre počítačový program. Aplikácia opisuje jednotlivé procesy prestupu, cez spomínané materiály, na základe nameraných hodnôt a koeficientov prestupu tepla. Program bude slúžiť ako doplnujúci materiál k diplomovej práci. Zároveň by sa mala problematika riešená v tejto práci stať prístupnejšou aj pre ľudí nezaoberajúcich sa touto problematikou.

Bodovo rozčlenený súhrn cieľov diplomovej práce:

- zmerať tepelnú vodivosť daných vzoriek,
- určiť tepelný odpor a porovnať tepelnú vodivosť jednotlivých usní podľa: druhu usní, spôsobu činenia,
- kriticky vyhodnotiť výsledky.

II. PRAKTICKÁ ČASŤ

1 PRÍSTROJOVÉ VYBAVENIA A POUŽITÉ POMÔCKY PRI MERANÍ

V priebehu merania bolo použité množstvo rôznych pomôcok, ktoré boli potrebné jednak k príprave vzoriek, kategorizácii a samotnému meraniu. V nasledujúcej časti je zobrazený ich zoznam:

- vysekávač materiálu
- digitálny merač hrúbky materiálu vyrobený firmou ALPHA TECHNOLOGY
- 2 vodné termostaty (značka JULABA a MLW 8)
- meracie zariadenie
- snímač ADAM 4018/D1
- prevodník ADAM 4520/D2
- software ControlWeb2000 a vyhodnocovací program NeReg02
- polovodičová dióda – varikap KB109G
- NF zosilňovač
- termočlánok J (FeKo)

2 PRÍPRAVA, ČLENENIE A MERANIE VZORIEK

Všetky merané vzorky boli z prírodných usní. Celkový počet použitých materiálov a z nich vyseknutých vzoriek bol 39. Medzi týmito sa vo veľkej miere nachádzali materiály hovädzieho pôvodu. V tabuľkách č. 2 - 6 uvádzame prehľad rozčlenenia vzoriek, podľa príslušnosti k pôvodu a iných atribútov, najmä spôsobu činenia.

Kvôli malej početnosti druhových skupín boli niektoré individuality priradené k vzorkám do väčších celkov. Tento postup bol vykonaný kvôli relevantnejším postupom vyhodnocovania nameraných hodnôt. Z hľadiska podobnosti boli zjednotené usne divoko žijúcich zvierat s kozinami a srst'ou z jazveca, čisto kvôli štatistickému spracovaniu.

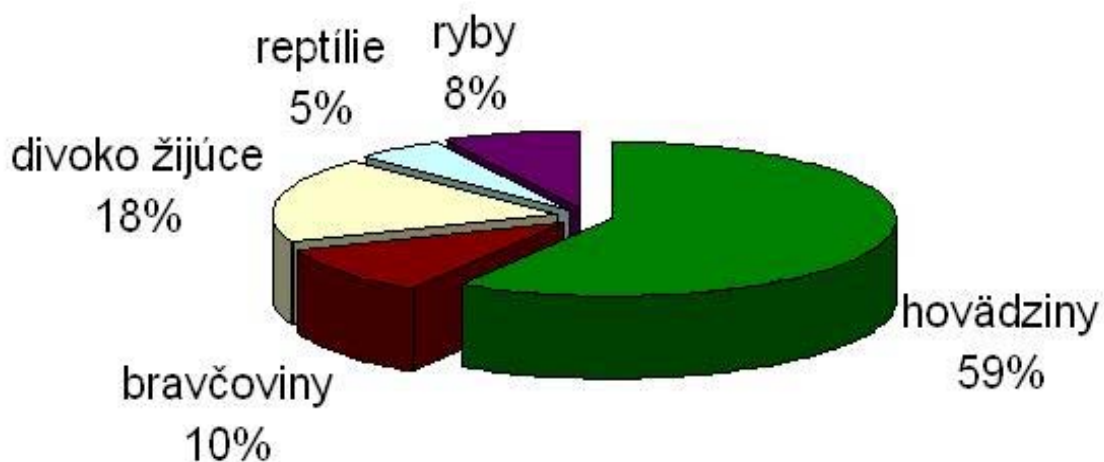
Podľa [3] boli začlenené medzi hovädziny aj usne pochádzajúce z byvolov a yakov.

2.1 Príprava vzoriek

Proces prípravy je možné rozčleniť do dvoch hlavných etáp. V prvej ide o zhromaždenie dostatočného počtu rôznych druhov materiálu. Rôzne druhy jednak podľa pôvodu, ale aj podľa spôsobu spracovania. Druhým bodom v príprave je nutnosť vytvoriť vzorky požadovaného tvaru. K tomu bola použitá vysekávacia hlava s priemerom 50 mm. Tá sa spolu s materiálom vložila do vysekávacieho zariadenia a následným vyseknutím vznikli vzorky požadovaného tvaru. Tieto sa uložili v laboratóriu s inštalovaným meracím zariadením a nechali sa kondicionovať.

2.2 Rozdelenie materiálu a členenie vzoriek

V nasledujúcom texte je uvedené členenie vzoriek, z ktorého sa budú odvíjať ostatné výpočty a štatistické vyhodnocovania. Percentuálne zastúpenie jednotlivých typov je uvedené na obrázku 5, kde sú hodnoty spracované do grafu výsekového typu.



Obr. 5. Percentuálne zastúpenie jednotlivých druhov usní k celkovému počtu vyhodnocovaných vzoriek

Z uvedeného obrázku je zrejmé, že majoritné postavenie majú usne hovädzieho pôvodu. V nasledujúcom texte a tabuľkách 2 až 6 bude uvedený iný spôsob triedenia, jednak podľa druhu, ale aj podľa činenia.

Hovädziny (celkom 23)

Tab. 2. Rozdelenie hovädzín

spôsob činenia	číslo vzoriek
chromočinenie	1, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 13, 16, 20, 23, 29, 30, 34, 36
triesloviny	10, 14, 22
aldehydy	2, 3, 4, 26
zirkón	35

Bravčoviny (celkom 4)

Tab. 3. Rozdelenie bravčovín

spôsob činenia	číslo vzoriek
chromočinenie	12, 15
triesloviny	24, 25

Divoko žijúce zvieratá (celkom 7)

Tab. 4. Rozdelenie divoko žijúcich zvierat

spôsob činenia	číslo vzoriek
chromočinenie	27, 28, 32, 33
triesloviny	18, 19
pečeň a mozog	17

Reptílie (celkom 2)

Tab. 5. Rozdelenie reptílií

spôsob činenia	číslo vzoriek
chromočinenie	31
triesloviny	21

Ryby (celkom 3)

Tab. 6. Rozdelenie rýb

spôsob činenia	číslo vzoriek
chromočinenie	37, 38, 39

2.3 Namerané a vypočítané hodnoty

2.3.1 Meranie hrúbky

Pre výpočet koeficientu tepelnej vodivosti je nutné zistiť ešte pred samotným experimentom hrúbku skúmaného vzorku. Pre tento účel bol použitý digitálny merač hrúbky vyvinutý firmou Alpha Technology. Kvôli presnejšiemu zisteniu hrúbky bolo meranie opakované päť krát na rôznych miestach celej plochy vzorky. Výsledná hodnota vznikla aritmetickým priemerom zo všetkých nameraných hodnôt hrúbok.

2.3.2 Meranie tepelnej vodivosti nestacionárnou metódou

Opis meracieho zariadenia

Pre zistenie tepelnej vodivosti bola zostrojená aparátúra podobná aparátúre podľa Fitcha. V prílohe P III je uvedená fotografiu tohto zariadenia a na obr. 6 nájdeme blokovú schému.

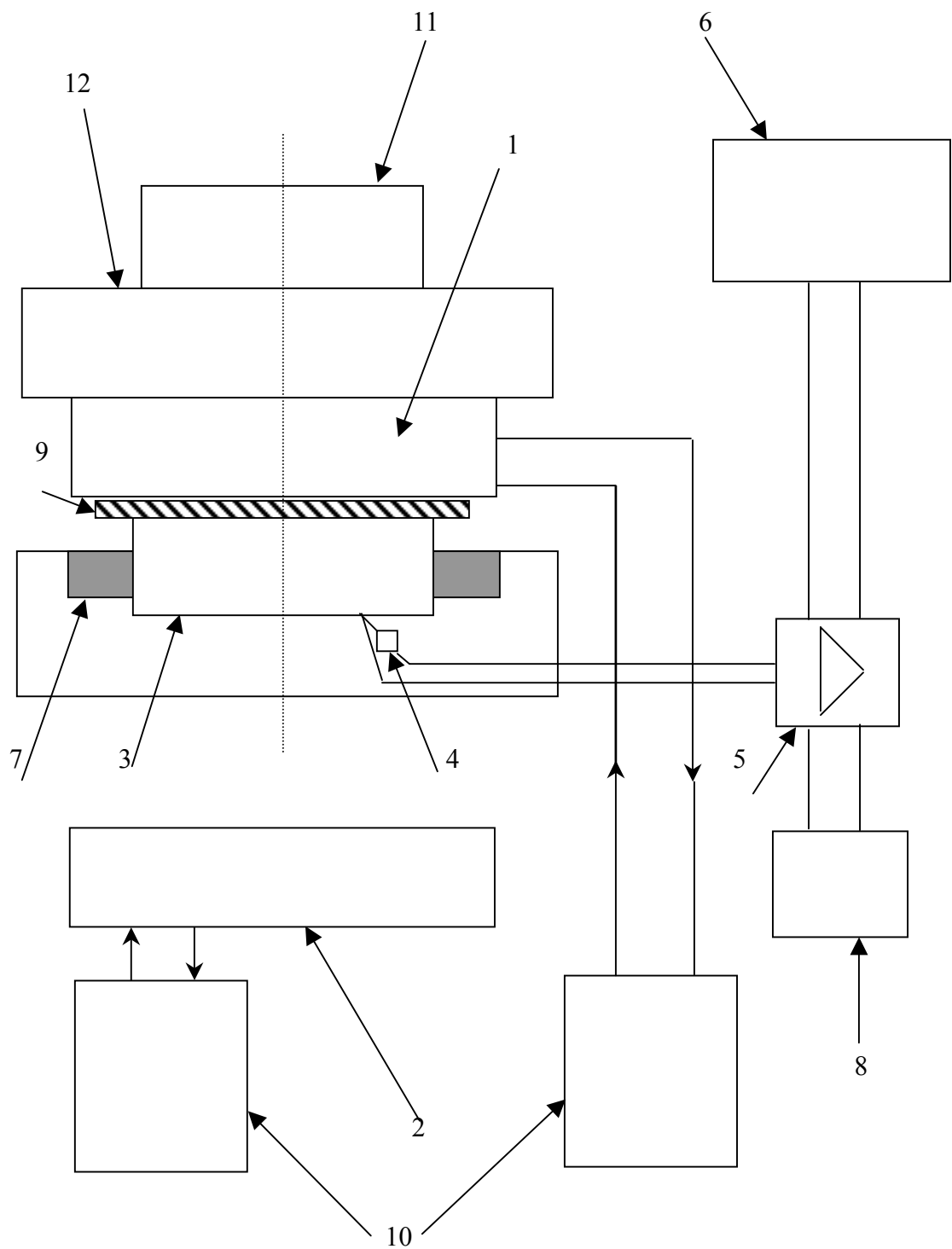
Medzi hlavné časti patrí blok 1, ktorým je temperovaná mosadzná doska (1). Doska 1 je počas celého experimentu temperovaná na konštantnú teplotu t_1 . Obdobným spôsobom sa do aparátúry zapája aj blok 2, tvorený druhou mosadznou doskou (2), takisto temperovanou na stálu teplotu v priebehu celého merania a to na teplotu t_2 . Pre udržanie konštantných teplôt boli využité dva nezávisle pracujúce termostaty (T1, T2), prislúchajúce doskám (1, 2).

Pozornosť musíme takisto venovať meraciemu valčeku (3), ktorý je tepelne izolovaný pomocou presne vytvarovaného materiálu vyrobeného z ľahčeného PUR (7). Pre presné snímanie teploty na povrchu meraného vzorku je k meraciemu valčeku pričlenený senzor (4) a ďalej zosilňovač (5), ktorý je napájaný jednosmerným napätím zo stabilizovaného zdroja (8).

Signál vyvedený zo zosilňovača je vedený na port v osobnom počítači a vyhodnocovanie informácií vykonáva program ControlWeb 2000, ktorý v jedno sekundových intervaloch odčítava teplotu na snímačej platničke.

Na nasledujúcej strane je uvedená bloková schéma:

1. temperačná doska pre teplotu t_1
2. temperačná doska pre teplota t_2
3. meriaci valček
4. teplotné čidlo KB109G
5. zosilňovač
6. PC, ControlWeb 2000
7. izolačný kryt meracieho valčeku
8. stabilizovaný jednosmerný zdroj
9. meraná vzorka
10. termostaty
11. závažie
12. PS izolácia



Obr. 6. Blokové schéma meracieho zariadenia

2.4 Merací software

Podľa schémy v prílohe P V je zrejmé, že všetky údaje zachytené čidlom boli konvertované A/D prevodníkom do formy digitálnych hodnôt. Tok dát bol sekvenčne vyhodnotený programom ControlWeb 2000 (časový interval 1 sekunda) a koeficient tepelnej vodivosti nasledovne vyhodnotil systém NeReg02.

Pri spracovávaní dát do programu NeReg02 bol s veľkou efektivitou využitý aj tabuľkový editor EXCELL, v ktorom boli vyberané dáta pre následné spracovanie v programe NeReg02.

2.5 Pracovný postup

V nasledujúcom oddieli bude priblížený pracovný postup. Je koncipovaný do dvoch kapitol. V prvej sa uvádza postup merania hodnôt, teda zisťovanie tepelnej vodivosti v závislosti na čase. V druhom je uvedený spôsob vyhodnotenia nemeraných hodnôt.

2.5.1 Meranie hodnôt

Celý proces je periodický. Na základe dopredu určených podmienok boli zachovávané rovnaké podmienky (nastavenie termostatov na rovnakú teplotu, zapojenie prevodníkov, atď.). Termostaty boli nastavené na konštantné teploty.

Podľa schémy v prílohe P III je zrejmé, že termostaty boli využívané na temperovanie mosadzných platničiek, ktoré mali rovnakú teplotu počas celého experimentu. V nasledujúcom texte bude obsah koncipovaný do bodov, ktoré presne naznačujú postup pri meraní:

1. *Temperovanie mosadzných doštičiek* spočíva v zapnutí termostatu a skontrolovaní kapacitného média (voda). Počas temperácie je dôležité sledovať priebežnú teplotu na teplomeroch. Temperácia sa v našom prípade vyhodnotila ako ukončená v prípade, kedy termostat s vyššou teplotou dosiahol 44 °C a termostat s nižšou 25 °C.
2. *Zapnutie celého zariadenia* sa vykonalo až po tom, ako bol do procesu zaradený aj merací software ControlWeb 2000. Na displeji je možné veľmi prehľadne sledovať teplotný stav na meracej doske a teda aj na teplotnom čidle.

3. *Temperácia na vyššiu teplotu* bola uskutočnená po vložení mosadznej doštičky na merací valček. Proces temperácie bol v reálnom čase kontrolovateľný programom CW2000.
4. *Vloženie vzorky* je ďalšia a najvýznamnejšia časť experimentu. Po vytemperovaní na požadovanú teplotu 44 °C sa ohrievací valček zložil z meracieho valčeku. Na jeho miesto sa položila meraná vzorka, na ktorú sa položila mosadzná platnička temperovaná termostatom na teplotu 25 °C. Kvôli dokonalejšiemu styku plôch jednotlivých komponentov sa na samotný vrch položil tepelne izolačný materiál z IPS a závažie.
5. *Meranie*. Ihneď po výmene mosadzných platničiek nastáva spustenie procesu, kedy teplo prestupuje z vyhriateho meracieho valčeka na chladnejšiu platničku cez meraný materiál. Tento úbytok tepla je senzorovaný a zmeny sú vysielané cez prevodník a zosilňovač do počítača, kde tieto zmeny zaznamenáva vyššie spomínaný program. Celá počítačová aplikácia jednoznačne opisuje situáciu na meracom čidle a podáva dôveryhodné informácie o ukončení merania.
6. *Ukončenie* nastáva v momente, kedy teplota zobrazená v PC ukazuje teplotu približne 26 °C. Nakoľko sme si pred meraním stanovili, že teplotný interval, v ktorom budeme merať a vyhodnocovať hodnoty je $<40^{\circ}\text{C} - 27^{\circ}\text{C}>$ stačí do vyhodnocovacieho programu vybrať len hodnoty z tohto intervalu.
7. *Dáta* boli v priebehu merania ukladané do súborov typu *.dbf. Jedná sa o typ súboru, ktorý je možné importovať do tabuľkového editora EXCEL. Táto skutočnosť bola s výhodou využitá pri príprave dát na výpočet tepelnej vodivosti.

2.5.2 Výpočet tepelnej vodivosti

8. λ [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$] bol vykonaný pomocou software NeReg02. Kvôli predošlým dohodám o výbere hodnôt pre vyhodnotenie bol z pôvodného súboru, priamo vytvoreného CW 2000 vytvorený ešte jeden, ale s orezanými hodnotami, presne podľa dohody, len z intervalu $<40^{\circ}\text{C} - 27^{\circ}\text{C}>$. Tento súbor bol načítaný NeReg systémom, v ktorom som po načítaní súboru s hodnotami vybral pre výpočet časovú os a k nej prislúchajúce teploty. Po načítaní hodnôt si program vyžiadal hrúbku δ [m]. Po uvedení hrúbky stačilo kliknúť na posledné tlačidlo a tepelná vodivosť bola spolu s inými údajmi vyhodnotená.

9. *Vztáh pre výpočet tepelnej vodivosti* bol uvedený priamo v programe NeReg. Pre úplnosť je uvedený ako vzťah (20):

$$\lambda = \frac{a_1 \cdot \delta \cdot K}{S} \quad (22)$$

$$\text{kde: } a_1 = -a_3 - a_2 \quad (23)$$

a_1 – jedná sa o odhad parametrov, pričom:

a_2 – parameter vyhodnotený slepým pokusom,

a_3 – parameter vyhodnotený nelineárnou regresiou,

δ – hrúbka vzorku [m],

K – tepelná kapacita meracieho valčeka [$\text{J} \cdot \text{K}^{-1}$],

S – plocha vzorku [m^2].

10. *Po výpočte a zaznačení* boli súbory archivované a vymazané kvôli ďalšiemu meraniu. Po týchto krokoch sa celý proces opakuje od bodu 1.

V tejto stati boli zaznamenané kroky, podľa ktorých boli hodnoty zistené a vypočítané. V priebehu merania sa občas objavil malý problém, ktorý sa dal promptne odstrániť a okamžite vyriešiť.

2.6 Namerané a vypočítané hodnoty

Namerané hodnoty a následne z nich počítané údaje sú zhrnuté v tabuľke č. 7. Hodnoty boli zistené hrúbkomerom (hrúbka δ), meracím zariadením ControlWeb a vyhodnocovacím programom NeReg02.

Tab. 7. a) Namerané a vypočítané hodnoty

poradové číslo	číslo vzorky	Názov vzorky	hrúbka – δ [m]	Tepelná vodivosť – λ [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]	Čas prestupu – τ [s]	Tepelný odpor - R [$\text{W}^{-1}\cdot\text{m}^2\cdot\text{K}$]
1	1	hovädzina	0,00238	0,08257	2247	0,02882
2	2	hovädzina	0,00193	0,08620	1708	0,02239
3	3	hovädzina	0,00155	0,09537	1273	0,01625
4	4	hovädzina	0,00111	0,06092	1444	0,01822
5	5	hovädzina	0,00120	0,06749	1380	0,01778
6	6	hovädzina	0,00253	0,09244	1959	0,02737
7	7	hovädzina	0,00253	0,08285	2202	0,03054
8	8	hovädzina	0,00131	0,05678	1647	0,02307
9	9	hovädzina	0,00151	0,05811	1820	0,02599
10	10	hovädzina	0,00120	0,06539	1357	0,01835
11	11	hovädzina	0,00152	0,08220	1331	0,01849
12	13	hovädzina	0,00156	0,08576	1370	0,01819
13	14	hovädzina	0,00232	0,06553	2324	0,03540
14	16	hovädzina	0,00207	0,08331	1896	0,02485
15	20	hovädzina	0,00178	0,07252	1765	0,02454
16	22	hovädzina	0,00282	0,14305	1447	0,01971

Tab. 8. b) Namerané a vypočítané hodnoty

poradové číslo	číslo vzorky	Názov vzorky	hrúbka – δ [m]	Tepelná vodivosť – λ [W.m⁻¹.K⁻¹]	Čas prestupu – τ [s]	Tepelný odpor - R [W⁻¹.m².K]
17	23	hovädzina	0,00233	0,10025	1746	0,02324
18	26	hovädzina	0,00104	0,07288	1138	0,01427
19	34	hovädzina	0,00459	0,11432	2556	0,04015
20	35	hovädzina	0,00209	0,09390	1589	0,02226
21	36	hovädzina	0,00187	0,10611	1376	0,01762
22	30	sibírsky yak	0,00213	0,07101	2011	0,03000
23	29	byvolovica	0,00110	0,06573	1234	0,01674
24	12	bravčovina	0,00094	0,07692	941	0,01222
25	15	bravčovina	0,00089	0,05998	1430	0,01484
26	24	bravčovina	0,00113	0,07639	1259	0,01479
27	25	bravčovina	0,00153	0,06194	1822	0,02470
28	17	medveď	0,00074	0,07560	2393	0,00979
29	18	jeleň	0,00133	0,06845	1461	0,01943
30	19	jeleň	0,00243	0,07363	2114	0,03300
31	27	jazvec	0,00153	0,05311	1964	0,02881
32	28	kozina	0,00125	0,06169	1496	0,02026
33	32	antilopa	0,00206	0,08075	1732	0,02551
34	33	pštros	0,00129	0,06773	1510	0,01905
35	21	krokodíl	0,00136	0,06614	1540	0,02056
36	31	hroznýš	0,00085	0,04322	1535	0,01967

Tab. 9. c) Namerané a vypočítané hodnoty

poradové číslo	číslo vzorky	Názov vzorky	hrúbka – δ [m]	Tepelná vodivosť – λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	Čas prestupu – τ [s]	Tepelný odpor - R [W ⁻¹ .m ² .K]
37	37	cejn	0,00464	0,05403	947	0,08588
38	38	kapor šupináč	0,00102	0,04047	2073	0,02520
39	39	kapor lysec	0,00119	0,04351	1797	0,02735

2.7 Tepelný odpor

Ako je vidieť, v tabuľke 7 je zaradený aj stĺpec s hodnotami tepelných odporov R [W⁻¹.m².K]. Hodnoty v stĺpci sú počítané vzťahom:

$$R = \frac{\delta}{\lambda} \quad (24)$$

kde: δ – hrúbka materiálu [m],

λ – tepelná vodivosť [W⁻¹.m².K].

Vzťah je využitý k objektívnemu zrovnaniu materiálov z hľadiska tepelných vodivostí.

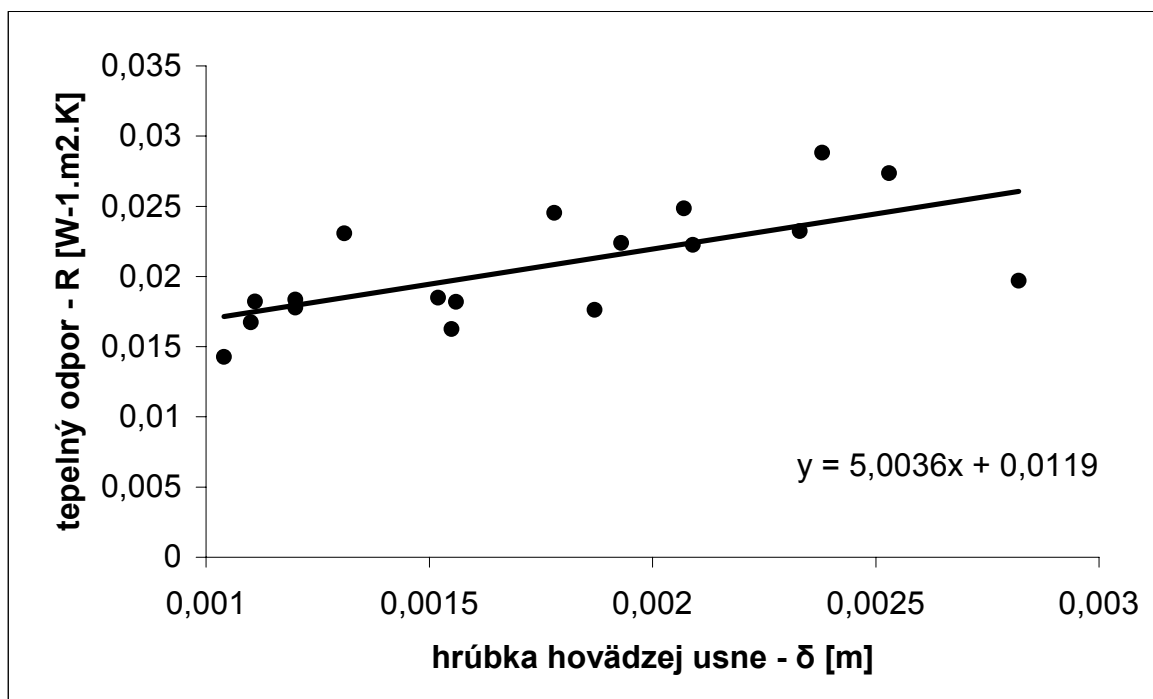
Pre nasledujúce výpočty a spracovanie výsledkov bude eliminovaná skupina vzoriek podľa tepelného odporu R . Toto rozdelenie sa uskutoční na základe hodnôt odporov, a to takým spôsobom, že použité budú len tie, ktorých hodnoty sa nachádzajú v intervale (0,008 – 0,025) [W⁻¹.m².K]. Tento spôsob zužovania hodnôt je zavedený kvôli rozmedziu odporov, v ktorom prístroj meria. Mimo tento interval hodnoty λ a teda aj R už nie sú vierohodné.

V ďalšom texte budú podrobne rozčlenené vzorky podľa tepelných odporov pre konkrétny typ usní. Zároveň budú graficky vyhodnotené závislosti tepelného odporu R [W⁻¹.m².K] na hrúbke usni δ [m].

2.7.1 Hovädziny

Tab. 10. Rozdelenie hovädzín podľa tepelného odporu

Poradové číslo	Číslo vzorky	hrúbka – δ [m]	Tepelný odpor - R [$\text{W}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}$]
1	1	0,00238	0,02882
2	2	0,00193	0,02239
3	3	0,00155	0,01625
4	4	0,00111	0,01822
5	5	0,00120	0,01778
6	6	0,00253	0,02737
7	8	0,00131	0,02307
8	10	0,00120	0,01835
9	11	0,00152	0,01849
10	13	0,00156	0,01819
11	16	0,00207	0,02485
12	20	0,00178	0,02454
13	22	0,00282	0,01971
14	23	0,00233	0,02324
15	26	0,00104	0,01427
16	35	0,00209	0,02226
17	36	0,00187	0,01762
18	29	0,00110	0,01674

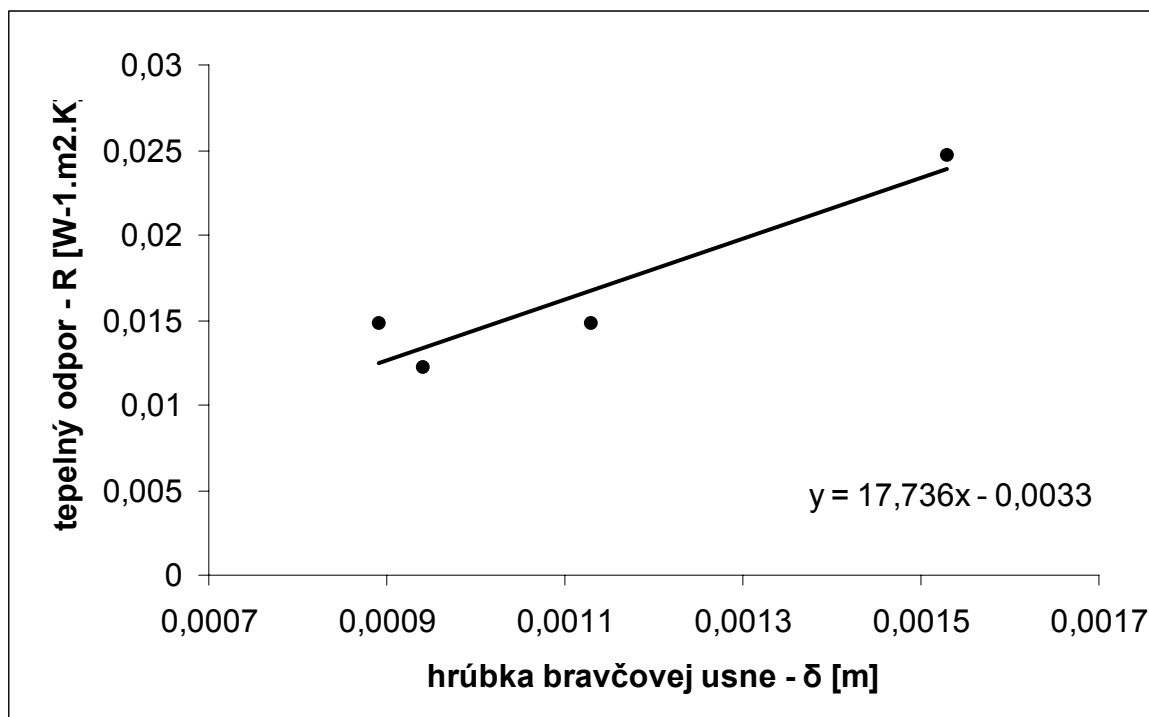


Obr. 7. Závislosť tepelného odporu na hrúbke usni hovädzín

2.7.2 Bravčoviny

Tab. 11. Rozdelenie bravčovín podľa tepelného odporu

Poradové číslo	Číslo vzorky	δ [m]	R [W ⁻¹ .m ² .K]
19	12	0,00094	0,01222
20	15	0,00089	0,01484
21	24	0,00113	0,01479
22	25	0,00153	0,02470

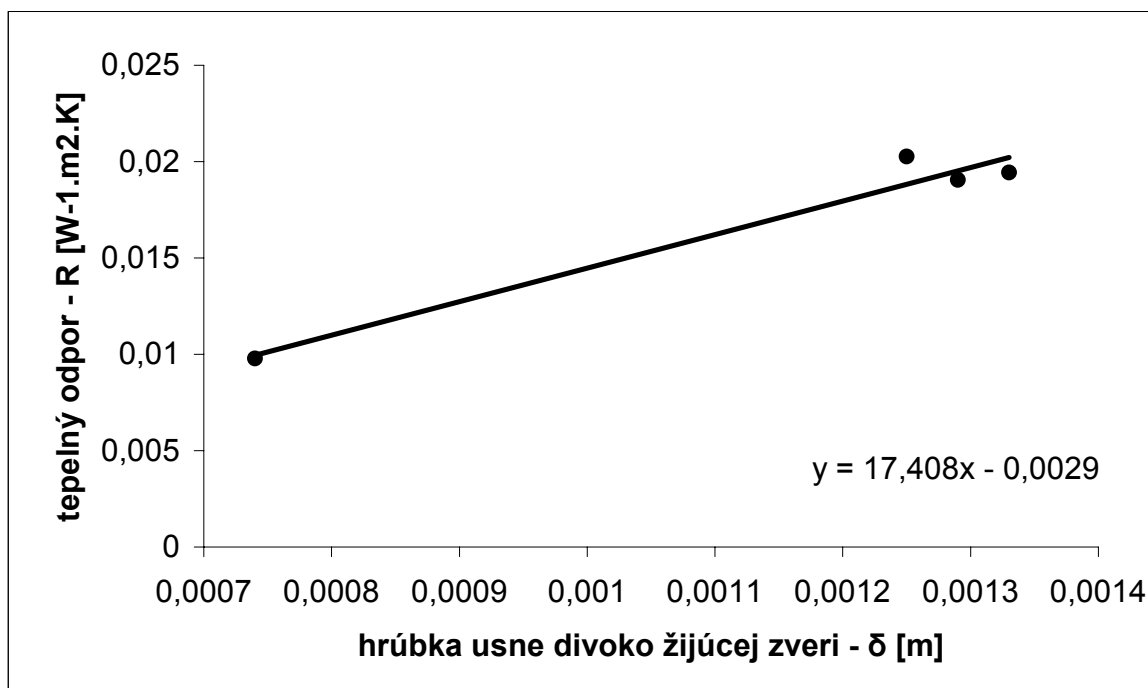


Obr. 8. Závislosť tepelného odporu na hrúbke usni bravčovín

2.7.3 Divoko žijúca zver

Tab. 12. Rozdelenie usní divoko žijúcej zveri podľa tepelného odporu

Poradové číslo	Číslo vzorky	δ [m]	R [W ⁻¹ .m ² .K]
23	17	0,00074	0,00979
24	18	0,00133	0,01943
25	28	0,00125	0,02026
26	33	0,00129	0,01905

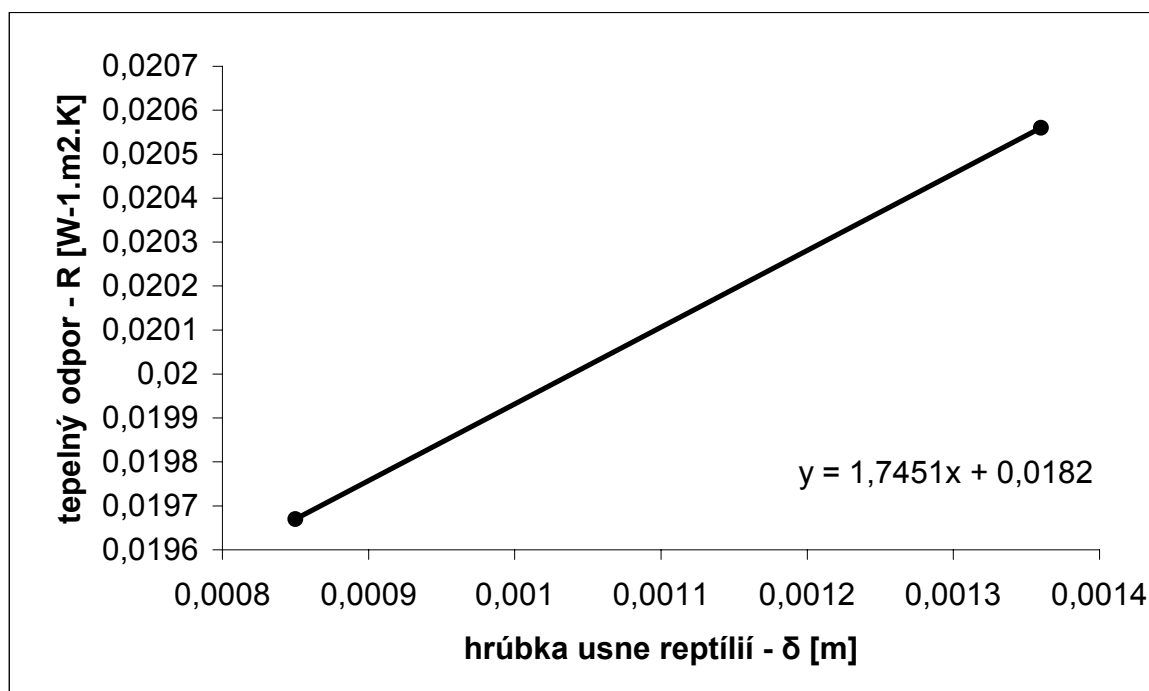


Obr. 9. Závislosť tepelného odporu na hrúbke usni divoko žijúcej zveri

2.7.4 Reptílie

Tab. 13. Rozdelenie reptílií podľa tepelného odporu

Poradové číslo	Číslo vzorky	δ [m]	R [W ⁻¹ .m ² .K]
27	21	0,00136	0,02056
28	31	0,00085	0,01967



Obr. 10. Závislosť tepelného odporu na hrúbke usní reptílií

2.7.5 Ryby

Do intervalu tepelných odporov (0,008 – 0,025) [$W^{-1}.m^2.K$] sa nevošla ani jedna vzorka rybích usní. Preto sa nedala vytvoriť žiadna závislosť, ktorá by poskytovala vierohodné závery pre tento typ usní.

2.8 Vyhodnotenie tepelnej vodivosti podľa druhu usní

Pre jednotlivé druhy usní boli vytvorené závislosti tepelného odporu R [$W^{-1}.m^2.K$] na hrúbke meranej vzorky δ [m]. Po zadání hodnôt boli hodnoty preložené regresnou priamkou, ku ktorej bol zároveň vygenerovaný aj predpis v tvare:

$$y = k.x + q \quad (25)$$

kde: x, y – sú premenné, v našom prípade δ a R ,

k – smernica priamky,

q – výsek na ose y .

V našom prípade je smernicou priamky prevrátená hodnota tepelnej vodivosti. Úsek q na ose y v našom prípade predstavuje prechodový odpor medzi materiálom a meracími doskami.

Teda platí:

$$k = \frac{1}{\lambda} \quad (26)$$

Z rovníc, ktoré odpovedajú jednotlivým závislostiam pre každý druh usne, budú do tabuľky 12 uvedené hodnoty prevrátených hodnôt smerníc. Pre úplnosť sú uvedené aj rovnice, vzniknuté lineárnou regresiou:

Hovädziny: $y = 5,0036x + 0,0119$

Bravčoviny: $y = 17,736x - 0,0033$

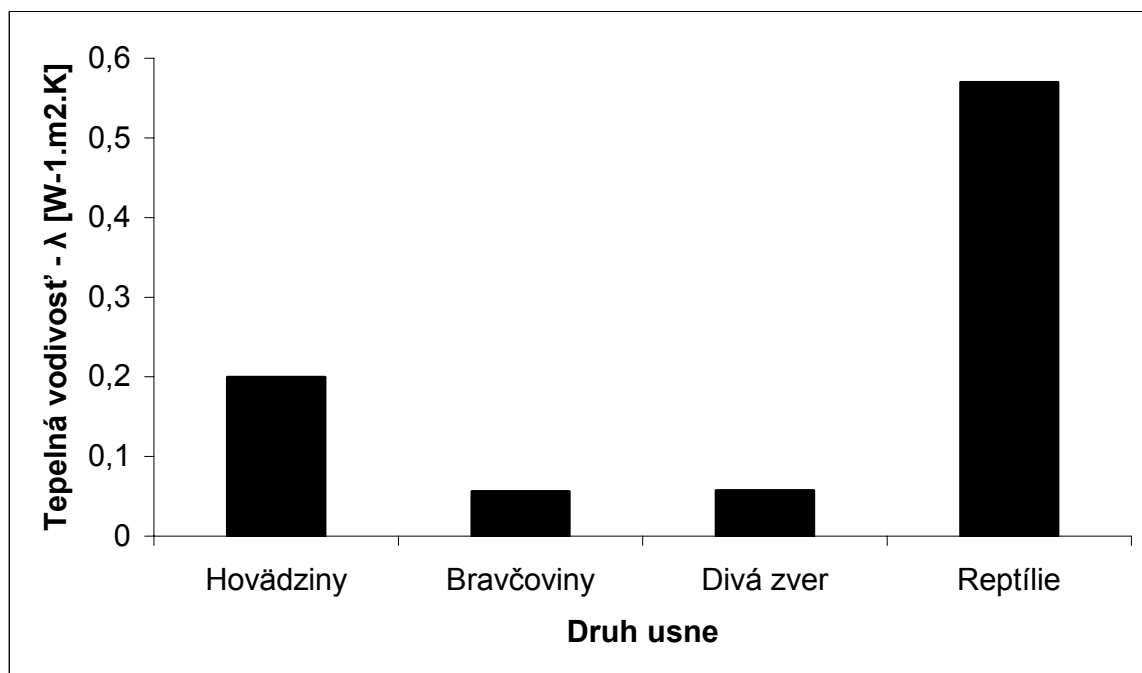
Divá zver: $y = 17,408x - 0,0029$

Reptílie: $y = 1,7451x + 0,0182$

Záporná hodnota q (prechodového odporu) je rádovo nižšia a pravdepodobne je spôsobená nepresnosťou meracej metódy.

Tab. 14. Prehľad smerníc a tepelných vodivostí usní delených podľa druhu

Druh usne	$k [W.m^{-2}.K^{-1}]$	$\lambda [W^{-1}.m^2.K]$	$q [W.m^{-2}.K^{-1}]$
Hovädziny	5,0036	0,1999	0,0119
Bravčoviny	17,736	0,0564	-0,0033
Divá zver	17,408	0,0574	-0,0029
Reptílie	1,7545	0,5699	0,0182



Obr. 11. Grafické vyjadrenie hodnôt tepelnej vodivosti v závislosti na druhu usni

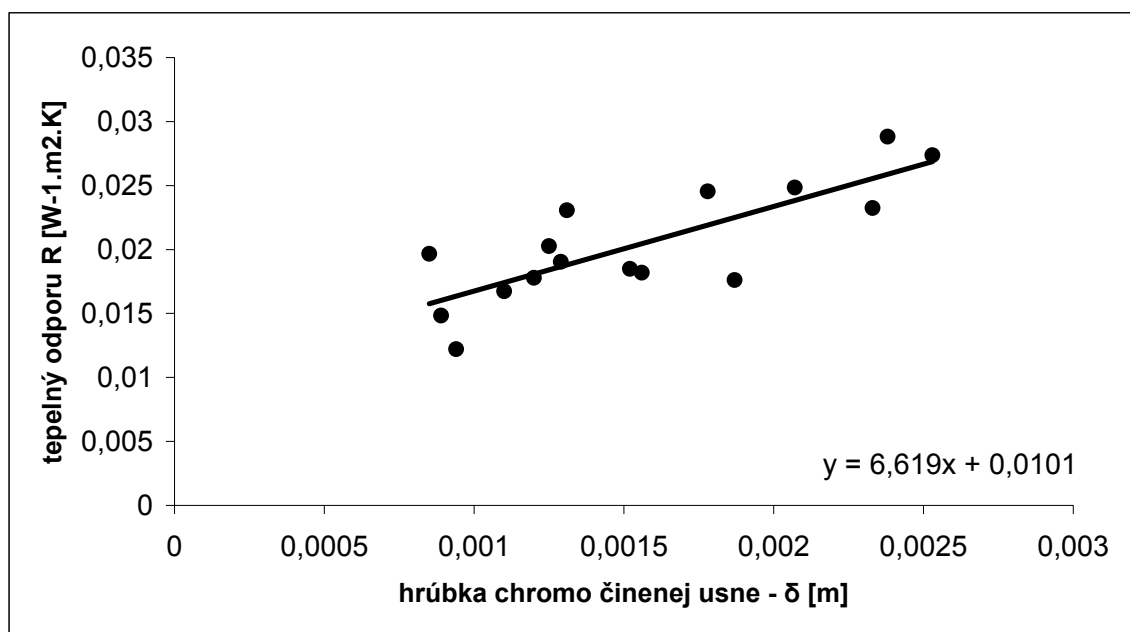
Z uvedeného grafu je zrejmé, že najvyššiu hodnotu tepelnej vodivosti v závislosti na ich hrúbke majú usne vyrobené z reptílií. Prakticky to znamená, že sú najslabšie izolátory tepla. Z obrázku 11 je naopak zrejmé, že za najlepšie izolátory je možné považovať usne vyrobené spracovaním koží divoko žijúcej zveri a bravčovín. Hovädziny zastávajú miesto medzi uvedenými dvomi extrémami.

2.9 Vplyv činenia

Podľa poznatkov odvodených štatistickými metódami v dodatku bolo preukázané, že niektoré druhy činenia majú vplyv na tepelnú vodivosť usne. V grafoch, ktoré budú uvedené v tejto stati je vytvorený prehľad vplyvov niektorých činení na tepelný odpor. Presnejšie to bude vyjadrené závislosťou tepelného odporu na hrúbke bez ohľadu na druh usne.

2.9.1 Usne spracované chromo činením

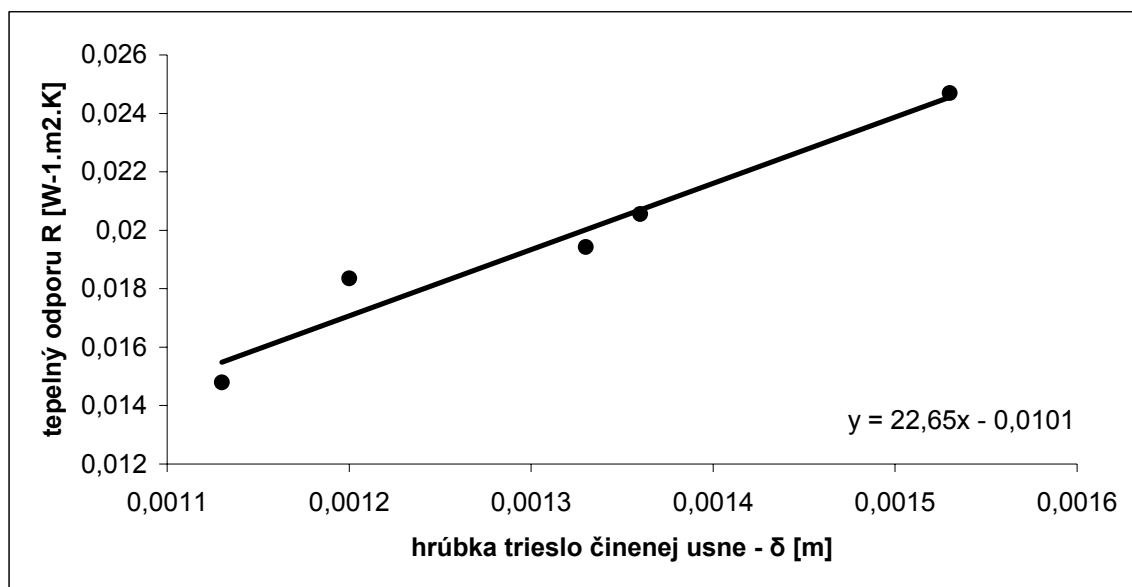
Pre výpočet boli z tabuľky 8, vybrané hodnoty vzoriek, ktoré prešli chromo činením a zároveň splnili podmienku, kedy sa tepelný odpor musí nachádzať v intervale $(0,008 - 0,025) [W^{-1}.m^2.K]$. Tieto podmienky spĺňajú vzorky s číslami podľa tabuľky 8: 1, 5, 6, 8, 11, 12, 13, 15, 16, 20, 23, 28, 29, 31, 33, 36. Hodnoty sú vynesené do grafu na obrázku 12.



Obr. 12. Závislosť tepelného odporu na hrúbke chrómom činených usní

2.9.2 Usne spracované trieslo činením

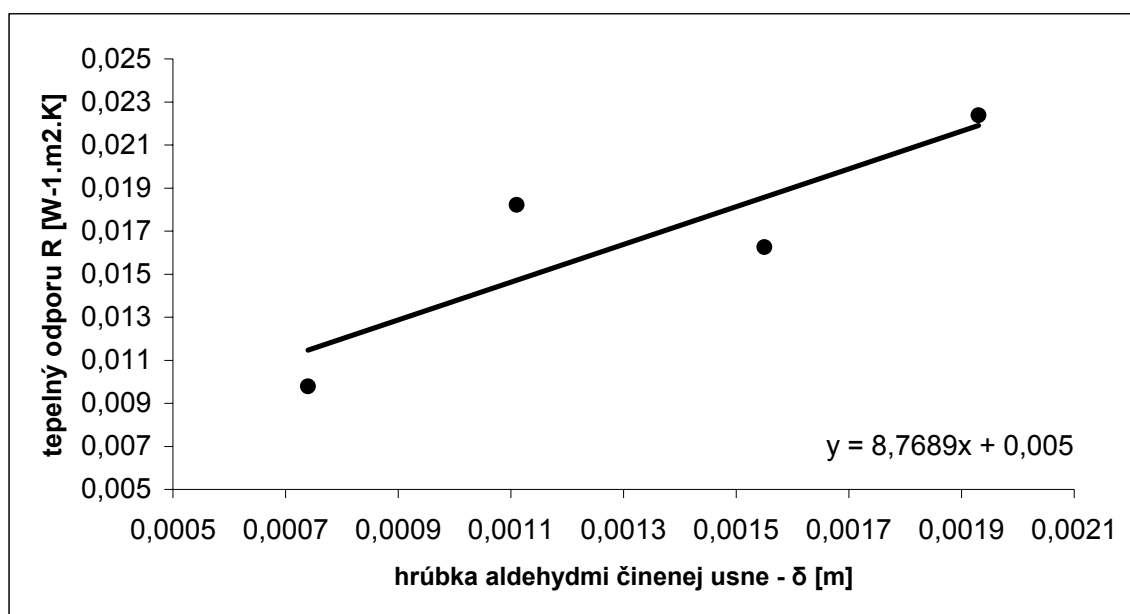
Ako v 2.9.1 boli vybrané vzorky s rovnakými vlastnosťami, jediná zmena nastala v spôsobe spracovania - trieslovinami. Sem sa zaraďujú len vzorky s číslom podľa tabuľky 8: 10, 16, 18, 24, 25, 35. Hodnoty sú graficky spracované v obrázku 13.



Obr. 13. Závislosť tepelného odporu na hrúbke trieslovinami činených usní

2.9.3 Usne spracované aldehydmi

V tejto kapitole sú vyhodnotené výhradne vzorky spracované aldehydmi, ktorých vypočítané tepelné odpory spadajú do intervalu $(0,008 - 0,025) [W^{-1}.m^2.K]$. Sú to vzorky s číslami podľa tabuľky 8: 2, 3, 4, 26. Na obrázku 14 sú vyjadrené závislosti medzi tepelným odporom a hrúbkami usní spracovávaných aldehydmi.



Obr. 14. Závislosť tepelného odporu na hrúbke usní činených aldehydmi

2.10 Vyhodnotenie tepelnej vodivosti podľa druhu činenia

Rovnakým spôsobom ako v kapitole 2.8 bude uvedený prehľad závislostí tepelných odporov usní na druhu činenia. Závislosť je sledovaná na vzťahu tepelného odporu voči hrúbke usní, tento krát ale boli vybrané rôzne druhy usní do jedného celku. Jediným kritériom pre triedenie bol spôsob činenia a intervalové ohraničenie tepelného odporu, do ktorého museli vzorky pre vyhodnotenie zapadať.

Z rovníc, ktoré odpovedajú jednotlivým závislostiam pre každý druh usne, budú do tabuľky 15 uvedené hodnoty prevrátených hodnôt smerníc. Pre úplnosť sú uvedené aj rovnice, vzniknuté lineárnou regresiou:

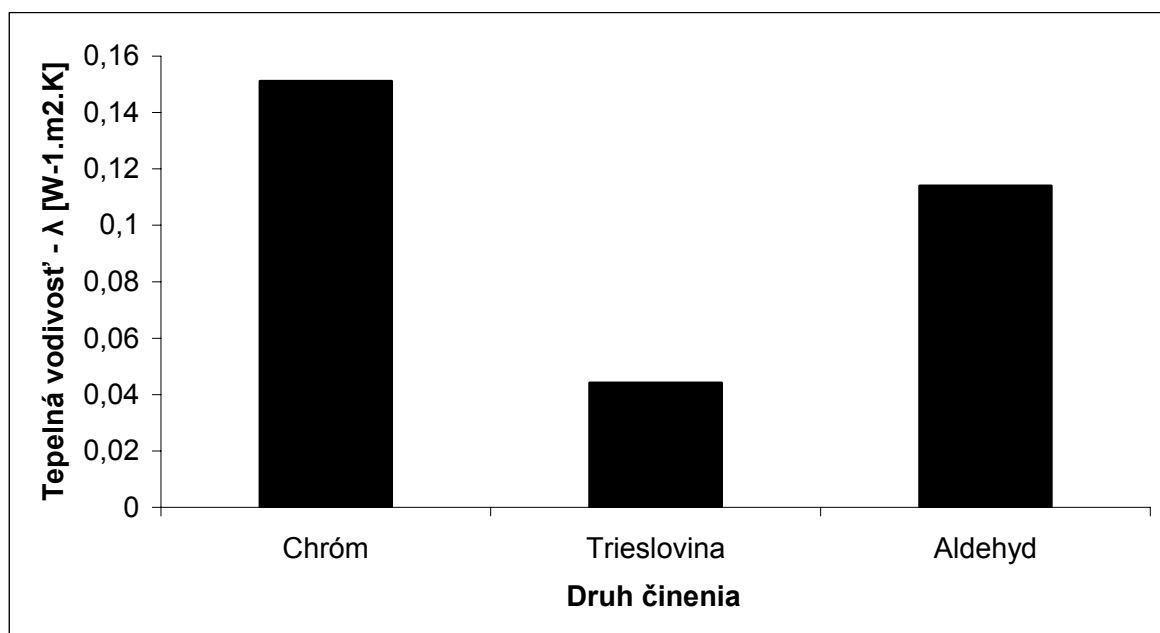
Chromo činenie: $y = 6,619x + 0,0101$

Trieslo činenie: $y = 22,65x - 0,0101$

Aldehydové činenie: $y = 8,7689x + 0,005$

Tab. 15. Prehľad smerníc a tepelných vodivostí pre usne triedené podľa spôsobu činenia

Činenie	$k [W.m^{-2}.K^{-1}]$	$\lambda [W^{-1}.m^2.K]$	$q [W.m^{-2}.K^{-1}]$
Chróm	6,6190	0,1511	0,0101
Trieslovina	22,6500	0,0442	-0,0101
Aldehyd	8,7689	0,1140	0,0050



Obr. 15. Grafické vyjadrenie hodnôt tepelnej vodivosti v závislosti na druhu činenia

Ako je patrné z grafu na obrázku 15, aj spôsob činenia usní ovplyvňuje izolačné vlastnosti usní. Za zmienku stojí najvyššia hodnota dosiahnutej tepelnej vodivosti pri chromo činení. Naopak najmenšiu hodnotu tepelnej vodivosti zaznamenala useň činená trieslovinami a preto je možné zaradiť ju medzi najlepšie tepelné izolanty. Aldehydom spracované usne tvoria akýsi pomyselný priemer medzi extrémami v prípade usní činených chrómom a trieslovinami.

DISKUSIA VÝSLEDKOV

Prestup tepla je veľmi dôležitá vlastnosť každého materiálu. V práci je tento prestup charakterizovaný tepelnou vodivosťou a nasledovne tepelným odporom.

Pri meraní bola využitá nestacionárna metóda zisťovania tepelnej vodivosti. Zapojenie meracej sústavy bolo vytvorené podľa známych postupov pre túto činnosť. Bolo zmeraných tridsať deväť vzoriek. Všetky boli plošne štandardizované a kondicionované.

V spracovávaní nameraných veličín bolo využitých niekoľko kritérií, podľa ktorých bolo možné vyvodiť závery. Boli využité dva hlavné pohľady na zhodnotenie tepelne izolačných vlastností prírodných materiálov, usní.

V prvom prípade, bola vyjadrená závislosť tepelného odporu na hrúbke usní. Celkovo boli do výpočtov zapojené hovädziny, bravčoviny, reptílie a usne pochádzajúce z koží divoko žijúcich zvierat. V týchto skupinách bola vypočítaná lineárna regresia vystihujúca túto závislosť. Pomocou smerníc z týchto závislostí, ktoré konkrétne v našom prípade znamenajú prevrátenú hodnotu tepelnej vodivosti, sme zistili niekoľko záverov.

Po vynesení hodnôt tepelných vodivostí, získaných zo smerníc priamok regresii, vzťahnutých na druh usní boli zistené nasledujúce skutočnosti:

- o Najvyššiu hodnotu λ majú reptílie, to znamená, že z uvedeného spektra materiálov sú najslabšie tepelné izolanty.
- o V popredí s veľkosťami hodnôt tepelných vodivostí sú aj hovädziny, ktoré majú síce o niečo menšie hodnoty tepelných vodivostí než reptílie, ale stále nepatria k najlepším izolantom.
- o Takmer rovnaké hodnoty tepelných vodivostí vykazujú usne divokej zveri a bravčoviny. Z pohľadu izolačných vlastností je možné ich zaradiť na popredné miesto.

Z uvedených bodov je zrejmé, že patričnú dôležitosť je nutné venovať výberu usní pre konštrukciu zvršku konkrétneho typu obuvi. Pre letný typ bude najvýhodnejšie použiť obuv tvorenú z reptílií a naopak pre zimnú by bolo vhodné uvažovať o bravčovinách alebo usniach z divej zveri. Samozrejme uvažujeme obuv vytvorenú zo samotnej usní bez podrážky.

V druhom porovnaní boli taktiež vytvorené závislosti medzi tepelným odporom a hrúbkou, ale len pre usne spracované rovnakým typom činenia. Týmto kritériami boli spracované tri skupiny usní. Boli to usne vytvorené činením pomocou: chrómu, trieslovín a aldehydov. Podobne ako v prvom prípade boli vyjadrené závislosti pomocou grafického zobrazenia. Nasledujúce preloženie zobrazených hodnôt regresnou priamkou vytvorilo možnosť porovnávať vplyv druhu činenia na veľkosť tepelného odporu a následovne aj tepelnej vodivosti.

Z grafu vyjadrujúceho veľkosť tepelnej vodivosti usní roztriedených podľa druhu činenia vyplývajú takéto závery:

- o Najvyššiu hodnôu λ vykazujú usne vytvorené chromo činením. Majú preto najslabšie izolačné vlastnosti.
- o Za najlepšie izolátory tepla môžeme považovať usne vytvorené treslo činením.
- o Kvalitatívne parametre tepelnej izolácie medzi vyššie uvedenými vykazujú usne vyčinené aldehydmi.

Týmto bol vyjadrený vplyv spracovania koží na výsledné tepelne izolačné vlastnosti usní. Pri detailnejšom pohľade je jasné, že vplyv spracovania koží na usne prostredníctvom činenia nemá markantný význam, preto je možné uprednostňovať ekologickejšiu a menej nákladnú technológiu činenia.

Súčasťou diplomovej práce je aj CD nosič s programom, ktorý obsahuje všetky namerané hodnoty a z nich vypočítané hodnoty. Program je využiteľný ako aplikácia slúžiaca pre kontrolu vyvedených záverov.

ZÁVER

Diplomová práca je koncipovaná do dvoch hlavných celkov. V prvej časti, teoretickej, boli naznačené všeobecné informácie o usniach, ktorými sme sa v diplomovej práci zaoberali. V tejto časti boli opísané rozdelenia najčastejšie používaných usní a taktiež aj spôsoby úpravy. Dôraz bol kladený na činenie, ako na metódu, ktorá dáva v spracovaní surovej koži výsledný efekt vznikajúcej usni, z hľadiska konzervácie a čiastočne aj výzoru. Nemenej dôležitá kapitola o teple bola takisto pridaná do teoretickej časti.

V experimentálnej stati, ako druhej hlavnej, sú uvedené všetky namerané a vypočítané hodnoty. Experimentálna stať je koncipovaná do niekoľkých pod kapitol, medzi ktorými nájdeme časti zaoberajúce sa jednak prípravou, meraním, vyhodnocovaním a štatistickým spracovaním hodnôt nameraných veličín.

Pri meraní bola využitá nestacionárna metóda merania tepelnej vodivosti. Do štatistického spracovania nebolo možné zaradiť všetky vzorky, nakoľko rozptyl hrúbok a následne aj tepelných odporov bol veľký, a pravdivosť výsledkov sledovaných závislostí (tepelný odpor v závislosti na hrúbke usni, a v závislosti na druhu činenia) by bola v konečnom dôsledku veľmi skreslená. Preto bolo rozhodnuté zaoberať sa len tými, ktorých tepelný odpor spadal do zvoleného intervalu.. Ďalšia negatívna vlastnosť vo voľbe vzoriek nastala hneď pri ich výbere. Vzhľadom k časovej náročnosti merania bolo obzvlášť nevýhodné zaoberať sa usňami špeciálneho pôvodu. Tým pádom nebolo možné zaradiť takéto elementy k väčšej skupine, ktorá by sa dala štatisticky vyhodnocovať. Ale na druhej strane zaujímavo dopĺňajú široké spektrum všetkých usní.

Z nameraných veličín a hodnôt z nich vypočítaných boli vytvorené dva hlavné závery. Oba sa týkajú vplyvu vlastností usní (druh a činenie) na tepelnú vodivosť a teda aj na tepelne izolačné vlastnosti. V prvom prípade boli získané poznatky, že najlepším izolantom z hľadiska druhu použitej usni sú usne vyrobené z koží divoko žijúcich zvierat. Najhoršie tepelne izolačné vlastnosti boli zistené pri kožiach zo studeno krvných živočíchov teda reptílií.

Podľa ďalšieho delenia bola vytvorená závislosť vplyvu spôsobu činenia na izolačné vlastnosti. Ako najlepšie izolátory boli zistené usne vzniknuté činením trieslovinami. Najhoršími izolantmi sa po vyhodnotení dokázali usne vzniknuté činením chrómom.

V priebehu merania tepelných vodivostí neboli zaznamenané žiadne významné poruchy, ktoré by ohrozili relevantnosť tejto činnosti.

ZOZNAM POUŽITÉJ LITERATURY

- [1] BRIŠ, P. : *Kožedělná výroba* [Skriptá], Vysoké učení technické Brno, 1989.
- [2] MRAZÍK, M. a kol. : *Koželužství*, SNTL Praha, 1976.
- [3] ČERNOV, N. V. a kol. : *Technologie kůžeI.*, SNTL Praha, 1955.
- [4] ČERNOV, N. V. a kol. : *Technologie kůžeII.*, SNTL Praha, 1955.
- [5] ŽIDLÍK, A. : *Navrhování výrobků: Konstrukce a navrhování výrobků* [Skriptá], VUT Brno, 1982.
- [6] BLAŽEJ, A., POKLUDOVÁ, E. : *Polyméry v kožiarskom, obuvníckom a galantérnom priemysle*, ALFA / SNTL Praha, 1980.
- [7] BLAŽEJ, A., MICHLÍK, I. : *Nekovové materiály* [Skriptá], Vysoké učení technické Brno, 1975.
- [8] BRZOBOHATÝ, Petr. : *Měření tepelné a teplotní vodivosti polymerních materiálů* [Diplomová práce], Fakulta technologická, UTB Zlín, 2002.
- [9] RYBNÍKÁŘ, František. : *Analýza a skoušení plastických hmot*, SNTL, Praha 1965.
- [10] ČUJKOVA, L. F. a kol.: *O roli sorbcii i paropropronicajemosti v obespečeniji komfortnych uslovijpri eksplustacii obuvi*. Koževěnnaja i obuvnaja promyšlennost' 9, 1981, str. 38 – 42.
- [11] GNĚVUŠEVA, I. B. a kol.: *Vlivanije gidrofilizacii pověrchnosti na paropronicajenost' poristych systém*. Koževěnnaja i obuvnaja promyšlennost' 9, 1980, str. 36 – 38.
- [12] DIEBSCHLANG, W., NOCKER, W. : *Comparative Analysis of the Comfort of Leather and Substitute Materials, Especially for Footwear*. J. Am. Leather Chem. Association. 73, 7, 1978, str. 307 – 332.
- [13] DIEBSCHLANG, W., Müller-Limmroth, W. : *Thermodynamischer Algorithmus für den Wärmetransport durch bekleidung, speziell die Fussbekleidung*, Leder 31, 6, 1981, str. 100 – 104.

- [14] SÁRA, A.: *Mikroklima v nošené obuvi a hygienické vlastnosti kožedělných materiálů* [Kandidátské minimum], Fakulta technologická v Gotwaldově, VUT Brno, 1982.
- [15] KVĚTOŇ, K.: *Měření tepelné vodivosti obuvnických materiálů nestacionární metodou*. *Kožařství* 29, 9, 1973, str. 256 – 259.
- [16] ŠEVČÍK, K., a kol.: *Propustnost pro plyny a páry a tepelně-izolační vlastnosti kožedělných materiálů*, (Výzkumná správa), Fakulta technologická Vysoké Učení Technické, Gotwaldov, 1975.
- [17] STRNADEL, K.: *Měření tepelné vodivosti tuhých látek metodou dr. Bocka*. *Zdravotní technika a vzduchotechnika* 14, 5, 1971 str. 219 – 230, 14, 6, 1971, str. 285 – 292.
- [18] LANGMEIER F., SUKOP, S.: *Některé aspekty hodnocení tepelně-izolačních vlastností kožedělných materiálů*. *Kožařství* 29, 9, 1979, str. 257 – 264.
- [19] STOKLÁSKA, J.: *Měření tepelně-izolačních vlastností obuvnických materiálů*. *Kožařství* 22, 7, 1972, str. 194 – 197.
- [20] MÍKA, V., NEUŽIL, L., VLČEK, J., a kol.: *Chemickoinženýrské výpočty I*, VŠCHT Praha, 1996.
- [21] KOLOMAZNÍK, K., SEDLÁŘ, J., MACHÁČKOVÁ, J. : *Teorie technologických procesů* (interné spektrum), Rektorát VUT Brno, 1979.
- [22] KUNČÍKOVÁ, M. : *Sdílení tepla v kožedělných materiálech*. [Diplomová práce], Fakulta technologická, VUT Brno, Gottwaldov 1985.

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A SYMBOLOV

E	žiarivá energia (J)
$E_{r, a, \tau}$	odrazená, pohltzená, prepustená energia (J)
q	vektor hustoty toku tepla ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)
∇T	gradient teploty ($K \cdot m^{-1}$)
λ	tepelná vodivosť ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$)
$q_{x,y,z}$	zmena tepla v priestore podľa súradníc x, y, z
$\partial x, y, z$	derivácie v smere súradníc
a	teplotná vodivosť ($m^2 \cdot s^{-1}$)
K	tepelná kapacita kalorimetru a meracieho valčeka ($J \cdot K^{-1}$).
C, E	konštanty prístrojov
δ	hrúbka materiálu, vzorky, doštičky (m)
τ	čas (h, s)
N	spotreba elektrickej energie (Wh)
q	intenzita tepelného toku ($W \cdot m^{-2}$)
Δt	teplotný spád, rozdiel teplôt medzi hornou a dolnou doskou ($^{\circ}C$)
k	konštanta prístroja zahrňujúca prestupy tepla na skúšobných telesách a teplomeroch
A/D	analogovo – digitálny prevodník
a_1	odhad parametrov
a_2	parameter vyhodnotený slepým pokusom
a_3	parameter vyhodnotený nelineárnou regresiou
S	plocha vzorku (m^2)
ρ	hustota materiálu [$kg \cdot m^{-3}$]
c_p	merné teplo [$J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$]

ZOZNAM OBRÁZKOV

<i>Obr. 1. Chromitý komplex chloridu chromitého</i>	21
<i>Obr. 2. Viazanie polypeptidických reťazcov cez chromitý komplex.....</i>	23
<i>Obr. 3. Príprava Kortánu SN-25</i>	24
<i>Obr. 4. Vznik vodíkovej väzby medzi fenylovým hydroxidom a peptidovou</i>	25
<i>Obr. 5. Percentuálne zastúpenie jednotlivých druhov usní k celkovému počtu vyhodnocovaných vzoriek.....</i>	44
<i>Obr. 6. Blokové schéma meracieho zariadenia</i>	48
<i>Obr. 7. Závislosť tepelného odporu na hrúbke usní hovädzín.....</i>	56
<i>Obr. 8. Závislosť tepelného odporu na hrúbke usní bravčovín</i>	57
<i>Obr. 9. Závislosť tepelného odporu na hrúbke usní divoko žijúcej zveri</i>	58
<i>Obr. 10. Závislosť tepelného odporu na hrúbke usní reptílií</i>	59
<i>Obr. 11. Grafické vyjadrenie hodnôt tepelnej vodivosti v závislosti na druhu usní.....</i>	61
<i>Obr. 12. Závislosť tepelného odporu na hrúbke chrómom činených usní.....</i>	62
<i>Obr. 13. Závislosť tepelného odporu na hrúbke trieslovinami činených usní.....</i>	63
<i>Obr. 14. Závislosť tepelného odporu na hrúbke usní činených aldehydmi</i>	64
<i>Obr. 15. Grafické vyjadrenie hodnôt tepelnej vodivosti v závislosti na druhu činenia.....</i>	65

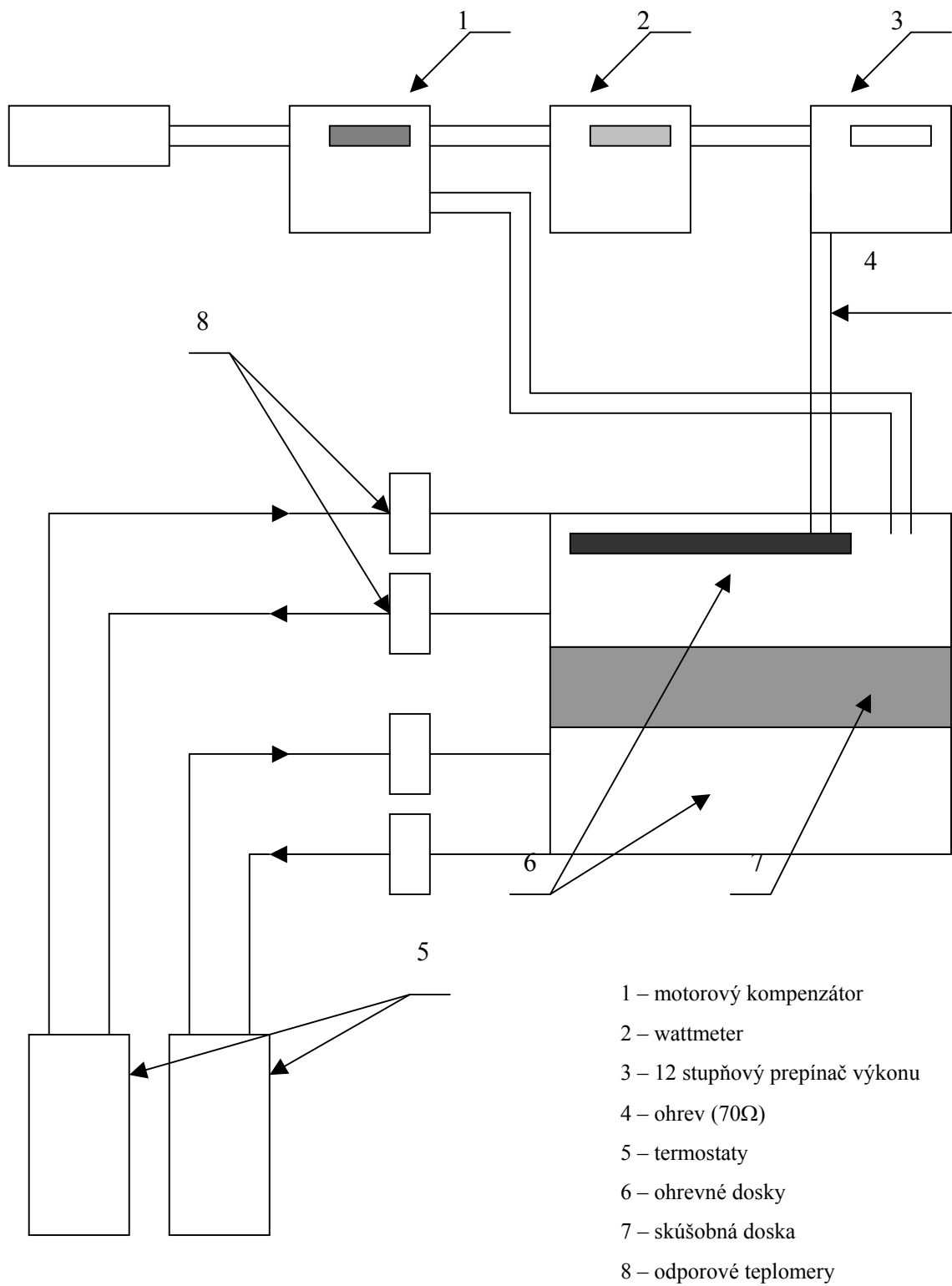
ZOZNAM TABULIEK

<i>Tab. 1. Látkové zloženie kože [3]</i>	14
<i>Tab. 2. Rozdelenie hovädzín</i>	44
<i>Tab. 3. Rozdelenie bravčovín</i>	45
<i>Tab. 4. Rozdelenie divoko žijúcich zvierat</i>	45
<i>Tab. 5. Rozdelenie reptílií</i>	45
<i>Tab. 6. Rozdelenie rýb</i>	45
<i>Tab. 7. a) Namerané a vypočítané hodnoty</i>	52
<i>Tab. 8. b) Namerané a vypočítané hodnoty</i>	53
<i>Tab. 9. c) Namerané a vypočítané hodnoty</i>	54
<i>Tab. 10. Rozdelenie hovädzín podľa tepelného odporu</i>	55
<i>Tab. 11. Rozdelenie bravčovín podľa tepelného odporu</i>	56
<i>Tab. 12. Rozdelenie usní divoko žijúcej zveri podľa tepelného odporu</i>	57
<i>Tab. 13. Rozdelenie reptílií podľa tepelného odporu</i>	58
<i>Tab. 14. Prehľad smerníc a tepelných vodivostí usní delených podľa druhu</i>	60
<i>Tab. 15. Prehľad smerníc a tepelných vodivostí pre usne triedené podľa spôsobu činenia</i>	65

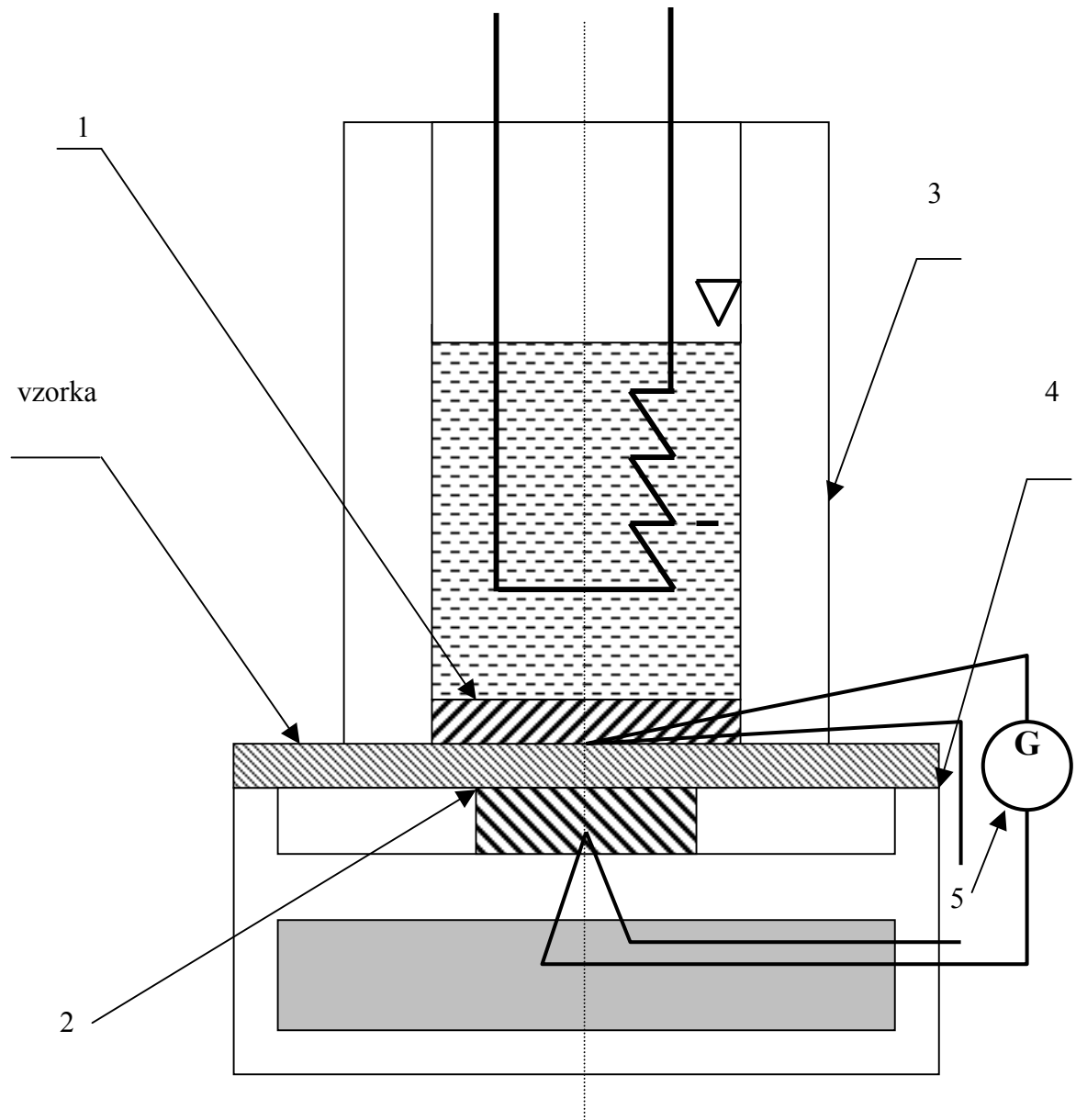
ZOZNAM PRÍLOH

- P I Schéma prístroja pre meranie tepelnej vodivosti podľa Bocka (stacionárna metóda)
- P II Schéma prístroja pre meranie tepelnej vodivosti podľa Fitcha (nestacionárna metóda)
- P III Schéma zapojenia meracej aparatury
- P IV Molekula triesloviny - čínsky tanín (penta-m-gigalloyl- β -glukóza)

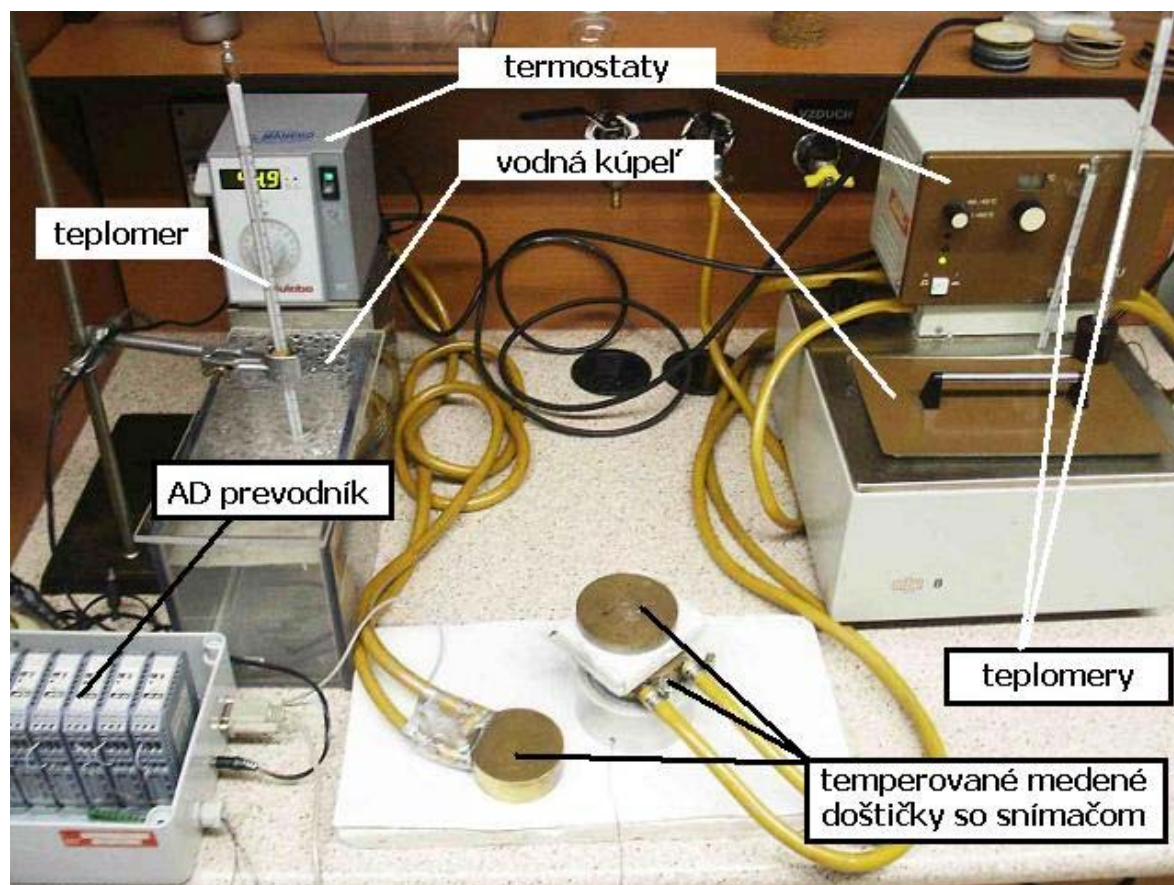
PRÍLOHA P I: SCHÉMA PRÍSTROJA PRE MERANIE TEPELNEJ VODIVOSTI PODĽA BOCKA (STACIONÁRNA METÓDA)



PRÍLOHA P II: SCHÉMA PRÍSTROJA PRE MERANIE TEPELNEJ VODIVOSTI PODĽA FITCHA (NESTACIONÁRNA METÓDA)



- 1 – medená doska
- 2 – medený valček
- 3 – horná nádoba
- 4 – izolačná krabica pre valček
- 5 – galvanometer



**PRÍLOHA P IV: MOLEKULA TRIESLOVINY - ČÍNSKY TANÍN
(PENTA-M-GIGALLOYL- β -GLUKÓZA)**

