

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

LIBEREC 2009

BC.ANDREA VIKOVÁ

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ

Studijní program: TEXTILNÍ INŽENÝRSTVÍ (N3106)

Studijní obor: Textilní a oděvní technologie

Zaměření: Oděvní technologie

STUDIUM VLIVU FYZIOLOGICKÝCH PROCESŮ TĚLA A VLIVU NOŠENÍ NA ZMĚNU CHARAKTERISTIK ELEKTRICKY VODIVÝCH TEXTILNÍCH STRUKTUR

STUDY OF INFLUENCE PHYSIOLOGICAL ACTION BODIES AND INFLUENCE WEARING ON ALTERNATION CHARACTERISTICS ELECTRICALLY OF CONDUCTIVE TEXTILE STRUCTURES

Bc.Andrea Víková

KOD/2009/06/17MS

Vedoucí diplomové práce: Ing. Petra Komárková, Ph.D.

Konzultant diplomové práce: doc. Ing. . Jakub Wiener, Ph.D.

Rozsah práce:

Počet stran textu ...	92
Počet obrázků	38
Počet tabulek	5
Počet grafů	31
Počet příloh.....	10
Počet stran příloh	20

Zadání bakalářské práce

(vložit originál)

PROHLÁŠENÍ

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

Souhlasím s umístěním diplomové práce v Univerzitní knihovně TUL.

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

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

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

V Liberci, dne 30. 5. 2009

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych velice ráda poděkovala své vedoucí diplomové práce **Ing. Petře Komárkové, Ph.D.** za odborné vedení a celkový přístup k diplomové práci. Dále velice děkuji mému vedoucímu práce panu **doc. Ing. Jakubovi Wienerovi, Ph.D.** za odborné vedení při experimentu spotem a za velmi cenné rady a připomínky k práci.

Za cenné rady a poskytnutí spolupráce děkuji též **Ivě Beníškové**, která mi pomáhala s realizací vzorků a **Ing. Rudolfovi Třešňákovi** za pomoc při samotném měření.

V neposlední řadě bych velice ráda poděkovala svému **přítelovi Davidovi**, který mě při práci, ale i studiu po celou dobu trpělivě podporoval a **Miroslavu Vavřenovi** za pomoc při výrobě přípravku k namáhání vodivé textilní struktury na několikanásobný ohyb.

ANOTACE

Tato práce se zabývá studiem elektricky vodivých textilních struktur, resp. elektricky vodivých cest vytvořených elektricky vodivými nitěmi. Vodivé dráhy mají použití pro elektrotextilie, které jsou novou generací ohybných, pohodlných a multifunkčních elektricky vodivých textilních struktur. Na tyto vodivé dráhy byly v rámci diplomové práce zjišťovány vlivy fyziologických procesů těla a vlivy nošení na změnu jejich vodivostních a trvanlivostních charakteristik.

Součástí práce je experiment, který obsahuje návrh a vytvoření textilní vodivé struktury pro účely textování vybraných vlivů na vodivost a trvanlivost této vytvořené struktury. Součástí práce je ověření schopnosti vodivých textilních struktur odolávat působení potu a namáhání na opakovaný ohyb.

KLÍČOVÁ SLOVA:

- Fyziologické procesy těla
- Vliv nošení
- Elektricky vodivá textilní struktura
- Smart textilie (inteligentní)
- Elektrická vodivost
- Elektrický odpor
- Komfort
- Termoregulace
- Pot

ANNOTATION

Study of influence physiological actions of body and influence wearing on over alternation characteristics electrically conductive of textile structures. This work is engaged in study of Electrical conductive textile structures, particularly of electrically conductive track created electrically conductive yarn. The conductive tracks are used for electronic textiles, which are the new generation of the flexible, comfortable and multifunctional electrical conductive textile structures. On these conductive tracks was, in terms of diploma work, investigate influences of physiological actions of body and influences wearing on over alternation their conductivity and durability characteristics.

The experimentation that includes project and creation of test sample of electrical conductive textile structures for purposes of testing choice influences on conductivity and durability these created textures. One part of this work is checking of ability electrical conductive textile structures to bear up incidence of perspiration and repeated straining on bend.

KEYWORDS:

- Physiological actions of body
- Influence of wearing
- Electrical conductive textile structures
- Electric textiles
- Electric conductivity
- Electric resistance
- Comfort
- Thermoregulation
- Perspiration

OBSAH:

1. Úvod.....	10
2. Elektrické vlastnosti, elektromagnetické pole	14
2.1. Základní pojmy	14
2.1.1. Elektrická vodivost - G [S]	14
2.1.2. Elektrické napětí - U [V].....	15
2.1.3. Elektrická proud - I [A].....	15
2.1.4. Elektrický odpor – R [Ω]	16
2.1.5. Měrný elektrický odpor – R_E [$\Omega \cdot m$]	16
2.2. Vedení elektrického proudu.....	17
2.2.1. Pásový model.....	18
2.2.2. Vedení elektrického proudu v kovech	20
2.2.3. Vedení elektrického proudu v polymerech.....	22
2.2.3.1. Elektrické vlastnosti pro textilní vlákna	23
2.2.4. Vedení elektrického proudu v kapalinách.....	24
2.2.4.1. Elektrolýza	26
3. Elektricky vodivé textilní struktury	28
3.1. Vodivé příze, vlákna a textilní struktury.....	31
3.2. Možnosti realizace vodivých textilních struktur.....	33
3.2.1. Vetkání vodičů a sběrných systémů přímo do textilií.....	33
3.2.2. Elektronická výšivka.....	34
3.2.3. Potiskem textilie vodivými pastami (tištěné obvody).....	36
3.3. Funkce oděvů vytvořených z vodivých struktur	37
3.3.1. Senzory	37
3.3.2. Zpracování dat	38
3.3.3. Pohon, zdroj energie	38
3.3.4. Ukládání dat	39
3.3.5. Komunikace	39
3.3.5.1. Global Positioning System.....	39
4. Fyziologie a fyziologické procesy lidského těla	41

4.1. Komfort.....	42
4.2. Termoregulace lidského organismu.....	43
4.3. Hodnocení fyziologických vlastností textilií	44
5. Vliv nošení – užité vlastnosti textilií	45
5.1. Trvanlivost	45
5.2. Estetické vlastnosti.....	45
5.3. Fyziologické vlastnosti	46
5.4. Možnost údržby	46
5.5. Ostatní užité vlastnosti	47
6. Experimentální část.....	48
6.1. Návrh vodivé textilní struktury.....	48
6.2. Druhy použitých nití	49
6.3. Druhy použitých materiálů	51
6.3.1. Stanovení podílu textilních vláken u funkčního materiálu DUO.....	54
6.4. Způsob vytvoření vodivé struktury – typ spoje	55
6.5. Popis experimentu v simulovaném potu	59
6.5.1. Příprava vzorku.....	60
6.5.2. Realizace experimentu	61
6.5.3. Naměřená data v alkalickém potu.....	64
6.5.4. Naměřená data v kyselém potu	67
6.5.5. Porovnání působení potu alkalického a kyselého na jednotlivých materiálech....	69
6.5.6. Závěr experimentu v simulovaném potu.....	72
6.6. Popis experimentu namáhání na několikanásobný ohyb	75
6.6.1. Příprava experimentu	79
6.6.2. Realizace experimentu	81
6.6.3. Výsledky měření experimentu a diskuze výsledků.....	82
6.6.4. Závěr experimentu v několikanásobném ohybu	90
7. Závěr	91
Literatura:.....	93
Přílohy	99

Seznam použitých symbolů a zkratek

UV, IČ záření	(zkratka UV) Ultrafialové záření je elektromagnetické záření s vlnovou délkou kratší než má viditelné světlo (Zkratka IČ také IR) Infračervené záření je elektromagnetické záření s vlnovou délkou větší než viditelné světlo
CAD systémy	Computer-aided design – počítačem podporovaný návrh součástky, počítačová podpora tvorby konstrukční dokumentace
GPS	(Global Positionin System) – Poziční a navigační systém
Tab.	Tabulka
Obr.	Obrázek
např.	Například
Tzv.	Takzvaný
%	Procento

Symbol	Jednotka
m (hmotnost)	[Kg] (kilogram)
l (délka)	[μ m] (mikrometr)
F(sila)	[N] (newton)
R (elektrický odpor)	[Ω](ohm)
U (napětí)	[V](volt)
I (elektrický proud)	[A] (ampér)
T (teplota)	[°C] (stupeň celsia)
(pracnost)	Nh (normohodina)

1. Úvod

Podle své specifické funkce je možné textilie klasifikovat jako konvenční, technické, funkční a smart - inteligentní. Ve všech kategoriích lze textilie také dělit dle způsobu použití na oděvu či jiném textilním výrobku.

Konvenčně nositelné (běžné) textilie jsou používány na pokrytí lidského těla a mají funkci jako ochranná vrstva pro tělo od prachu, slunečnímu záření, větru a dalších znečišťujících látek přítomných v normálním životním prostředí. Nicméně, textilie mohou být použity pro další specifické funkce. V kategorii konvenčních (běžných) textilií je průměrná spotřeba na jedince je cca 15-20 kg/rok.

Kromě konvenčních textilií existují **technické textilie**, které jsou používány v technických oborech, jako je letecký a kosmický průmysl, občanské stavby, zpracovatelský průmysl, lékařství a zdraví, doprava, atd. Technické textilie mohou podle svého určení plnit různé funkce, nejčastěji jsou to funkce čistící, dekorativní, izolační (teplo, zvuk), ochranné apod.

Textilie zařazené do kategorie **funkčních textilií** poskytují přidanou specifickou funkci nad rámec výše uvedených základních funkcí. Tuto funkci poskytují stabilně bez ohledu na podmínky okolního prostředí. Postupem času se funkční textilie stávají ve vnímání spotřebitelů běžnými - konvenčními (např. elastomerová vlákna, dutá vlákna, vodonepropustné, dýchající membrány,...). Tyto textilie jsou většinou konstruovány jako multifunkční a specializované (např. transport vlhkosti a tepla, vodonepropustnost, paropropustnost, trvalé antistatické, antibakteriální vlastnosti, nehořlavost, komfort,...). Použití mohou nacházet jako např. ochranné oděvy (do superčistých provozů, pro armádu, zdravotnictví, sport,...). Nové funkce může být dosaženo vložením funkčního prvku v jakémkoliv stupni technologie (vlákna z nových materiálů, nových konstrukcí, nová struktura, technologie výroby, finální úpravy).

Smart (inteligentní) textilie jsou definovány jako textilie, které mohou cítit a reagovat na podmínky životního prostředí nebo podnět mechanického, tepelného, chemického, elektrického nebo magnetického působení. Inteligentní textilie mohou obsahovat tři složky a to senzory, čidla a řídicí jednotky. Některé z těchto materiálů působí pouze jako snímače a některé působí jako snímače s akčním členem a tím reagují na situaci. Smart oděv je kombinací elektroniky a oděvní textilie. Nová vlákna a textilní materiály a miniaturizované elektrické součásti umožňují vytvářet skutečně použitelné chytré oblečení. Toto oblečení se nosí jako obyčejné oblečení na běžný den a navíc poskytuje pomoc v různých situacích v závislosti na určené použití. Textilie označované jako "smart" čili inteligentní mohou zahrnovat širokou škálu výrobků. Při rozhodování, zda je označení výrobku oprávněné nebo se jedná pouze o marketingový tah, lze vycházet z definice umělé inteligentní struktury. [7] [8]

Smart (Inteligentní) textilní struktury jsou označením struktur citlivých na vnější podněty, vyrobených v návaznosti na textilní technologii. Smart textilie mohou být klasifikovány podle následujících kategorií v závislosti na jejich funkčnosti a adaptaci na měnící se situaci. [8]

1) **Pasivní inteligentní textilie** – první generace inteligentních textilií, které jsou pouhými detektory (senzory) vnějších podmínek a podmětů. Jsou to textilie citlivé na vnější podněty, které reagují pouze nevratně. Textilie poskytují další funkce bez ohledu na změny v životním prostředí. [7] [8]

Jako příklad materiálů používaných v pasivních smart textiliích (čidlech) mohou být uvedena optická vlákna (měření a monitorování změn UV, viditelného, IČ záření, vlhkosti, přítomnosti iontů, chemikálií, mechanické energie, apod.), vlákna z bioaktivních materiálů (postupné uvolňování substancí během nošení,...), vodivé polymery.

2) **Aktivní inteligentní textilie**

– druhá generace inteligentních textilií obsahující jak senzory, tak i aktuátory. Textilie, které jsou schopné poznat změnu vnějších podnětů a reagovat na ně vratně, reakce je vždy stejná. Aktivní inteligentní textilie mají např. tvarovou paměť, mění barvu (chameleónský jev), jsou odolné proti vodě, propouštějí páru, jsou super inteligentní termoregulovatelné, pohlcují páru, vydávají teplo a tvoří i elektricky vytápěné obleky. [7] [8]

Pro konstrukci aktivních textilních struktur (akčních členů) může být použita řada materiálů, které reagují na podněty (změny) např.: elektromagnetické energie (UV, viditelné, IČ záření), chemické energie (vlhkost, přítomnost iontů, ...) mechanické energie (tlak, krut,...) odezvou (změnou) např.: tvaru (bobtnání, sráživost), barvy (odstín, intensita), el. vodivosti, látkového stavu (změna fáze, krystalinity) apod.

3) Super (Ultra) inteligentní textilie

– inteligentní textilie třetí generace, které jsou citlivé na vnější podněty, jsou schopné automaticky cítit, reagovat a přizpůsobit svou funkci měnícímu se životnímu prostředí a jiným podnětům. Reakce na podněty jsou vratné. Jde o velmi chytré a inteligentní textilie složené z jednotky která pracuje podobně jako mozek, rozpoznává, usuzuje a jedná. Vytváření a produkce super inteligentních textilií je dnes skutečností díky spojení tradičních textilních a oděvních technologií s dalšími vědními odvětvími jakou jsou materiálové vědy, strukturální mechanika, senzorová a pohonová technika, elektrické a informační technologie, umělá inteligence, biologie a další fyzikálně technické vědy. Nová vlákna a textilní materiály umožňují vytvářet takové inteligentní textilie k vytvoření skutečně technických oděvů jako jsou oděvy pro kosmonauty, piloty, chemiky, lékaře a další. S těmito inteligentními oděvy se počítá také k běžnému nošení, které umožní poskytnout pomoc při řešení neobvyklých situací denního života. Do této kategorie nejčastěji spadají výrobky označované jako oblékací (weareable) elektronika. [7] [8]

K integraci elektroniky a mikro-systémů do textilií jsou užívány dva hlavní způsoby. Pod označením první generace se setkáváme s výrobky z konvenčních textilních materiálů s elektronickými čidly připojenými na nemocné pacienty (tzv. telemedicína, snímání životních funkcí, vysílání signálu, přenos dat,...). Pro plnou integraci elektroniky do textilií je nutno dořešit miniaturizaci flexibilní formy (tzv. polymerní elektronika) elektronických součástek.

Základní komponenty přítomné ve smart strukturách jsou: v pasivních inteligentních textiliích čidla, v aktivních inteligentních textiliích čidla a akční členy a v ultra inteligentních textiliích mohou být zastoupeny čidla, kontrolní jednotka, akční členy, systémy uložení (dat, energie) a přenosu dat.

Výhodou textilních struktur jako nosiče inteligentních reakcí je především možnost poskytování vysokého komfortu, trvanlivosti, snadné údržby, nízké měrné hmotnosti spojené s dobrou pevností, tažností, elasticitou, extrémně velký měrný povrch, snadná výroba, ergonomie, testování, likvidace, cenová dostupnost.

Cesty vedoucí ke smart textilním strukturám mohou být následující:

1) Použití nových a netradičních materiálů a struktur na atomární a molekulové úrovni, aktivace textilních povrchů.

Pro aktivaci textilních povrchů jsou nejčastěji používány technologie tisku, laminace, impregnace funkčních prvků ve formě nanovrstev, které při relativně nízké hmotnosti a spotřebě materiálu poskytují tisícinásobně větší reakční funkční plochu a neovlivňují negativně fyziologické vlastnosti textilie (omak, splývavost,...), (příklad - samočistící povrchy).

Další možnost aktivace povrchů je připojení (vložení) aktivních prvků na bázi mikro, a nano částic - tzv. enkapsulace. Enkapsulace představuje uzavření aktivní substance do porézního obalu (slouží k absorpci pachů, chemikálií, uvolňování vůní, antibakteriálních a antivirových substancí, insekticidů) nebo neporézního obalu (látky měnící skupenství - textilie zadržuje teplo,...).

2) Konstrukce nových materiálů a struktur složením známých základních složek, připojení aktivních parazitických elementů do struktury nebo přímo jejich zakotvení ve struktuře.

2. Elektrické vlastnosti, elektromagnetické pole

Jedním ze základních druhů vzájemné interakce mezi hmotnými objekty je elektromagnetická interakce. Uskutečňuje se mezi elektricky nabitými částicemi prostřednictvím elektromagnetického pole. Elektrické pole je část pole elektromagnetického. Elektrické pole vzniká tam, kde je přítomen elektrický náboj. Stálými nositeli elektrického náboje jsou elementární částice. Nejmenšími částicemi s elektrickým nábojem jsou protony (p^+) a elektrony (e^-). [2]

2.1. Základní pojmy

2.1.1. Elektrická vodivost - G [S]

Schopnost látky vést elektrický proud popisuje **vodivost**. Vedení proudu probíhá prostřednictvím pohybu nabitých částic ve vodiči. Každá částice má náboj, buď kladný - proton (p^+), nebo záporný - elektron (e^-) a pohybuje se účinkem elektrického pole určitou rychlostí. [2]

Elektrická vodivost (nebo též konduktivita, konduktance - reálná vodivost el. obvodu) je fyzikální veličina, která udává velikost elektrického proudu procházející vodičem při jednotkovém napětí na koncích vodiče.

Elektrická vodivost popisuje schopnost dobře vést elektrický proud. Čím větší je vodivost, tím silnější elektrický proud prochází vodičem při stejném napětí. Dobrý vodič má vysokou hodnotu vodivosti, špatný vodič má nízkou hodnotu vodivosti

Symbol veličiny: G

Základní jednotka: siemens, značka jednotky: S

(odvození v soustavě SI: $S = m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2 = \Omega^{-1}$)

Elektrická vodivost je určena vztahem:

$$G = I / U$$

kde I je elektrický proud protékající vodičem a U je elektrické napětí na koncích vodiče. [5]

2.1.2. Elektrické napětí - U [V]

Elektrické napětí je určeno jako práce vykonaná elektrickými silami při přemísťování kladného jednotkového elektrického náboje mezi dvěma body prostoru.

Elektrické napětí lze také vyjádřit jako rozdíl elektrických potenciálů v obou bodech prostoru.

Symbol veličiny: U

Jednotka v soustavě SI: volt, značka jednotky V [5]

2.1.3. Elektrický proud - I [A]

Elektrický proud je fyzikální veličina, která vyjadřuje množství náboje prošlého za jednotku času.

Symbol veličiny: I

Základní jednotka SI: ampér, značka jednotky: A

Elektrický proud je definován jako změna náboje za jednotku času, tzn.

$$I = \Delta Q / \Delta t$$

kde ΔQ je změna elektrického náboje a Δt je čas, za který došlo ke změně náboje o ΔQ .

Takto definovaný elektrický proud se označuje jako průměrný elektrický proud protékající danou oblastí. [5]

2.1.4. Elektrický odpor – R [Ω]

Elektrický odpor je fyzikální veličina charakterizující schopnost elektrických vodičů vést elektrický proud.

Hodnota elektrického odporu je dána materiálem a tvarem vodiče. Velikost odporu závisí na délce vodiče (přímo úměrně), na obsahu průřezu vodiče (nepřímo úměrně), na látce vodiče (měrný elektrický odpor) a na teplotě.

Závislost odporu na teplotě je rozdílná pro vodiče a polovodiče. Odpor vodičů se vzrůstající teplotou stoupá, kdežto odpor polovodičů se vzrůstající teplotou klesá.

Elektrický odpor má vždy kladnou hodnotu. Dobré vodiče kladou malý odpor, špatné vodiče kladou velký odpor.

Převrácená hodnota elektrického odporu je fyzikální veličina, která se nazývá elektrická vodivost.

$$R = U / I$$

Značka veličiny: R (angl. resistance)

Základní jednotka: ohm, zkratka Ω

2.1.5. Měrný elektrický odpor – R_E [Ω.m]

Rezistivita (též měrný odpor) je fyzikální veličina, vyjadřující elektrický odpor vodiče jednotkové délky (1 m) a jednotkového obsahu průřezu (1 m²). Rezistivita je převrácená hodnota konduktivity (měrné vodivosti).

Rezistivita je látková konstanta charakterizující elektrickou vodivost látky. Čím větší je rezistivita, tím menší je vodivost dané látky.

Značka veličiny: R_E (angl. resistance)

Základní jednotka: ohmmetr, Ω.m

2.2. Vedení elektrického proudu

Elektrický proud v pevných látkách může protékat, ale také nemusí. Důležitou podmínkou vedení elektrického proudu je přítomnost volných částic s elektrickým nábojem.

Pevné látky se podle schopnosti vést elektrický proud dělí na vodiče, izolanty a polovodiče.

Elektrický proud v polovodičích je přenášen volnými elektrony a kladnými dírami; jejich počet lze ovlivňovat vnějšími podmínkami. Za určitých podmínek se v polovodičích volně nabitě částice vyskytují jen v malém množství - vodivost je nízká, dodáním energie z vnějšku (např. teplem, světlem) lze díky zvýšenému tepelnému pohybu uvolnit některé elektrony z atomů - vodivost se zvýší. Místo, které zůstane po uvolnění elektronu se označuje jako kladná díra - vykazuje kladný náboj (kladný elektrický potenciál) a chová se jako částice (např. se pohybuje). V příměsových polovodičích se vodivostní elektrony nebo kladné díry vytvářejí pomocí příměsí.

Nositeli náboje mohou být i ionty - to platí v tzv. superiontových vodičích. Může se jednat např. o protony (kladné ionty vodíku) nebo o ionty O^{+} .

Izolanty nevedou elektrický proud, protože se v nich nevyskytují volné částice s elektrickým nábojem, nebo se vyskytují v zanedbatelném množství. Ionizační energie izolantů je relativně vysoká. Za izolanty se považují látky, jejichž rezistivita je řádově 106krát vyšší než u vodičů.

2.2.1. Pásový model

Základním modelem, z něhož lze odvodit elektrické vlastnosti látky, je pásový model.



Obr.č. 1: Pásový model

Elektronům v každém atomu přísluší určitá dovolená hladina energie. Pokud jsou atomy dostatečně od sebe, tak na sebe nepůsobí. Podle Pauliho principu mohou být na každé hladině max. dva elektrony. Obsazení hladin (tedy i pásů) závisí na teplotě. Zcela zaplněný je valenční pás – elektrony v něm nepřispívají k přenosu elektrického náboje. Nositeli elektrického náboje jsou elektrony ve vodivostním pásu, který je při teplotě absolutní nuly (0° K) prázdný. Při teplotě vyšší, než je teplota absolutní nuly, mohou některé elektrony získat tepelnou energii k tomu, aby pronikly z valenčního pásu do vodivostního pásu. Šířka zakázaného pásu mezi těmito dvěma pásy, poruchy uvnitř pásu a přechody elektronů mezi dovolenými hladinami rozhodují o vlastnostech látky. [2]

Látka může být vodičem, izolátorem nebo polovodičem.

Vodiče - Ve vodiči se náboje účinkem elektrického pole pohybují jedním směrem. Při pohybu musí překonávat určitý odpor pocházející od sousedních částic. Tento odpor se nazývá vodivost. V důsledku tohoto odporu je nutno k zachování elektrického proudu neustále dodávat energii, která se při interakci náboje s látkou mění v teplo. [2] [4]

Látka je vodičem, pokud je valenční pás pásmového modelu neúplně obsazen nebo jestliže se překrývá vodivostní a valenční pás modelu.



Obr.č. 2: Pásový model vodičů

Izolátory (nevodiče) - V izolátoru se účinkem elektrického pole náboje okamžitě vychýlí do nové polohy a po odstranění z elektrického pole se náboje vrátí do původní polohy. Nespotřebuje se žádná energie. [2] [4]

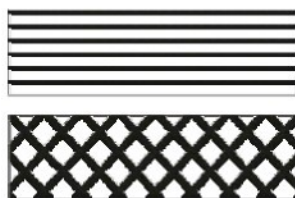
Je-li valenční pás plně obsazen, je látka při teplotě absolutní nuly izolátorem (nevodičem). Při vyšší teplotě mohou elektrony přejít do vodivostního pásu. Ve vodivostním pásu je nadbytek volných energetických hladin, elektrony ve vodivostním pásu zajistí vedení proudu. V důsledku přechodu elektronů nejsou horní hladiny valenčního pásu plně obsazené. Mohou na ně přejít elektrony z nižších hladin tohoto pásu. Proud tedy vedou i elektrony ve valenčním pásu. Místo, které elektron opustil ve valenčním pásu se jeví a pohybuje jako kladně nabitá částice, nazveme ji dírou. [2]



Obr.č. 3: Izolátor

Převážná většina látek, tzv. dielektrika, má vlastnosti jak vodičů, tak nevodičů. Mezi dielektrika patří polovodiče, ale i polymery a tedy i textilní vlákna.

Vlastní polovodič – látka obsahující úzký zakázaný pás v pásmovém modelu. Vodivost vlastního polovodiče je způsobena elektrony ve vodivostním pásu a dírami ve valenčním pásu. Koncentrace elektronů a děr prudce stoupá s rostoucí teplotou, vodivost polovodiče s rostoucí teplotou výrazně roste.



Obr.č. 4: Vlastní polovodič

Rozdíl mezi polovodičem a izolátorem je pouze v šířce zakázaného pásu. Teoreticky podle pásmového modelu každý izolátor při dostatečné teplotě vede proud a každý polovodič je při dostatečně nízké teplotě izolátorem.

Pásové modely ale neuvažují přítomnost poruch ve struktuře látky, např. cizí atomy a molekuly. Pokud jsou přítomny cizí elektrony, tak jim přísluší jiné hladiny energie a tyto hladiny se mohou nacházet v zakázaném pásu. Jsou-li v jeho horní části, mluvíme o donorech, leží-li v dolní oblasti zakázaného pásu, nazveme je akceptory.

Při teplotě absolutní nuly jsou elektrony vázány na poruchy, vodivostní pás je prázdný, valenční plný – látka je izolátorem (nevodičem). Při vyšší teplotě mohou elektrony z donorových hladin přeskočit do vodivostního pásu a tím způsobit elektronovou vodivost (polovodič typu N). Podobně mohou přejít elektrony z valenčního pásu při vyšší teplotě na akceptorové energetické hladiny. Protože akceptorových hladin je málo, jsou obsazeny elektrony už při nízkých teplotách, takže elektrony na nich nemohou přispívat k vedení elektrického proudu. Ve valenčním pásu se však mohou pohybovat díry po elektronech, vzniká děravá vodivost (polovodič typu P).

Přidáním vhodných příměsí lze výrazně zvýšit vodivost izolátoru, donory vyvolají vodivost elektronovou a akceptory vyvolají děravou vodivost. [2]

Měrný elektrický odpor zhruba odpovídající pro jednotlivé 3 základní typy látek vedoucí elektrický proud:

Vodiče ($R_E = 10^{-8} - 10^{-2} \Omega \cdot m$)

Polovodiče ($R_E = 10^{-2} - 10^0 \Omega \cdot m$)

Nevodiče ($R_E = 10^0 - 10^{16} \Omega \cdot m$)

2.2.2. Vedení elektrického proudu v kovech

Kovy mají vysokou elektrickou a tepelnou vodivost. S rostoucí teplotou se elektrická vodivost snižuje, resp. zvyšuje elektrický odpor (na rozdíl od polovodičů).

V kovech je proud přenášen volnými elektrony, tzv. vodivostními elektrony. Ty vzniknou uvolněním jednoho nebo více elektronů z atomů (oproti izolantům je tento počet

výrazně vyšší). Zbývající elektrony vázané v atomech nebo iontech se elektrického proudu neúčastní.

Kovy jsou prvky chemicky charakterizované jako elektropozitivní, mají snahu předávat valenční elektrony a tvořit jednoatomové kationy.

V následující tabulce je uveden měrný elektrický odpor a měrná elektrická vodivost vybraných druhů kovů a jejich slitin.

Kov nebo slitina	Měrný elektrický odpor [W mm ² /m]	Měrná elektrická vodivost [MS·m ⁻¹]
Stříbro	0,016	62,5
Měď	0,017	59,6
Zlato	0,023	43,5
Hliník	0,028	37,8
Chrom	0,039	26,0
Wolfram	0,050	20,0
Zinek	0,055	18,2
Nikl	0,068	14,7
Cín	0,093	10,7
Železo	0,097	10,3
Platina	0,098	10,2
Olovo	0,207	4,8

Tabulka 1: Měrný elektrický odpor a měrná elektrická vodivost kovů a jejich slitin.

Nejlepší elektrickou a tepelnou vodivostí se vyznačuje ze všech známých kovů stříbro. Stříbro slouží jako součást různých slitin pro použití v elektronickém průmyslu.

2.2.3. Vedení elektrického proudu v polymerech

Běžné organické polymery, jako např. polystyren, polyethylen nebo polymethylmethakrylát, jsou elektrické izolanty, s pevně vázanými valenčními elektrony. Pokud se ve struktuře (v hlavním řetězci) polymeru pravidelně střídají jednoduché a dvojné (případně trojné) chemické vazby, jde o konjugovaný polymer. Elektrony jsou v takovém polymeru více či méně delokalizovány, což vede k tomu, že se povaha jednoduchých vazeb začne podobat dvojným vazbám a naopak - podobně jako v molekule benzenu a dalších aromatických uhlovodíků. Přesto jsou takové polymery obvykle v čistém stavu izolanty nebo polovodiče a elektrické vodiče se z nich stávají až účinkem dopování sloučeninami, které polymeru odebírají elektrony nebo je naopak do polymeru dodávají (např. alkalické kovy nebo halogeny). Pohyblivost elektronů anebo dalších nosičů elektrického náboje po polymerním řetězci se tím výrazně zvýší.

U polymerů se měrná vodivost mění ve velmi širokých mezích. Na jedné straně se podařilo dopováním připravit polymery, jejichž vodivost se blíží vodivosti mědi, např. speciálně připravený polyacetylen, na druhé straně se jako výborný izolátor používá teflon. Rozsah vodivosti může být až 25 řádů. Vodivost závisí na teplotě. U špatně vodivých polymerů, zejména některých textilních vláken, se uplatňuje vliv obsažených nečistot ve vlákně, obsah vody ve vlákně a vlhkost okolního vzduchu. Vliv má také dodání příměsí do výrobní směsi. Určité příměsi vodivost materiálu snižují, jiné naopak zvyšují. V praxi používáme polymery především v oblasti jejich malé či velmi nízké vodivosti jako izolační materiály. Jako izolační materiály se v menší míře používají i textilie. Polovodivé polymery zatím nedosahují vlastností anorganických polovodivých materiálů.

Ve srovnání s anorganickými polovodiči nebo vodiči jsou organické polymerní polovodiče nebo vodiče obecně méně stabilní vůči vyšším teplotám a účinkům kyslíku i dalších chemikálií. Naopak mezi jejich výhody patří podstatně nižší energetická náročnost při výrobě, u některých z nich dobrá zpracovatelnost běžnými plastikářskými technologiemi (lití, lisování apod.), lepší mechanické vlastnosti (pružnost, ohebnost) a možnost jemně upravovat jejich vlastnosti úpravou chemické struktury. [18]

Měrná vodivost [S/cm] některých polymerů: Polyanilin = 10, Polypyrrol = 100, Polyacetylen = 970, poly-fenylén = 3000, polysulfurnitrid = 40 000

2.2.3.1. Elektrické vlastnosti pro textilní vlákna

Většina textilních vláken patří mezi dielektrika. To je způsobeno skutečností, že všechny elektrony jsou vázané k atomovým jádrům nebo sdílené v kovalentních vazbách.

Elektrická vodivost však není úplně nulová a závisí na obsahu různých přísad, ale také i obsahu vlhkosti.

Bylo experimentálně ověřeno, že pro hydrofilní polymery postačuje 1% obsah vlhkosti, aby jejich vodivost vzrostla o 8–10 řádů. [4]

Měrný elektrický odpor vláken $R_E[\Omega.m]$ při 65% relativní vlhkosti a teplotě 20°C:

Klasická syntetická vlákna $R_E = 10^{12} - 10^{14} \Omega.m$.

Antistatická vlákna $R_E = 10^6 - 10^{10} \Omega.m$.

Elektricky vodivá vlákna $R_E = 10^{-5} \Omega.cm$, nebo nižší.

Měrný elektrický odpor $RE[\Omega.m]$ různých druhů vláken při 65% relativní vlhkosti a 20°C:

Vlákno	CO	WO	CV	SE	PA6	PA6.6	PAN	PES	PP
ln(RE)	5,6	7,3	5,8	8,7	13	11	14	17	12,5

Tabulka 2: Měrný elektrický odpor vláken.

2.2.4. Vedení elektrického proudu v kapalinách

Elektrický proud v kapalinách je možný jen tehdy, vyskytují-li se v kapalině volné částice s elektrickým nábojem. Elektricky vodivá kapalina se nazývá elektrolyt.

Obor, který zkoumá procesy probíhající na rozhraní elektrod a elektrolytu se nazývá **Elektrochemie**.

Elektroda je elektrický vodič v kontaktu s nekovovou částí elektrického obvodu (např. vakuem nebo prostorem naplněným plynem, elektrolytem apod.). V elektrochemii se katoda definuje jako elektroda, na které probíhá redukce, a anoda jako elektroda, na které probíhá oxidace. Každá z obou elektrod může mít různý náboj podle toho, jestli se jedná o elektrolýzu (na elektrody napětí vkládám), nebo o galvanický článek (napětí vzniká).

Elektrolyty jsou roztoky nebo taveniny, které vedou elektrický proud. Mezi elektrolytické roztoky mohou též patřit i roztok kuchyňské soli, ale i vody. Obě tyto látky se nacházejí při termoregulaci lidského organismu ve formě potu. Elektrický proud přenáší elektricky nabitě částice zvané ionty. Jejich pohybem dochází k přenosu hmoty a chemickým změnám. Ionty jsou proti elektronům větší, jejich pohyblivost je menší, takže i vodivost je nižší, než je tomu u vodivosti vodičů I. řádu. Při tavení nebo rozpuštění ve vodě se rozkládají na ionty (elektrolytická disociace).

Volné nabitě částice v kapalině vznikají především disociací molekul na kladné a záporné ionty při rozpouštění určité látky v kapalině nebo při vytvoření dostatečně silného elektrického pole v kapalině (tzv. *disociační napětí*). **Disociace** je tedy děj, při kterém dochází k štěpení komplexů, molekul nebo solí na menší molekuly, ionty nebo radikály. Aplikaci tohoto procesu je možné vrátit do původního stavu. Disociace je opačný děj k asociaci a rekombinaci.

Ionty jsou elektricky nabitě částice atomární velikosti (atomy, molekuly, někdy také skupiny atomů či molekul). Ionty se značí chemickým označením částice, přičemž vpravo nahoře se uvede velikost elektrického náboje iontu (v násobcích elementárního náboje). Ionty rozlišujeme na :

Kationy - jsou *kladně* nabitě ionty, obvykle atomy, které odevzdaly elektron(y), tzn. kation má v elektronovém obalu méně elektronů než odpovídající atom. Při elektrolýze putují směrem ke katodě (záporné elektrodě). Většinou vznikají z elektropozitivních prvků, například sodíku, vápníku nebo železa.

Aniony - jsou *záporně* nabitě ionty, obvykle atomy, které přijaly elektron(y), tzn. anion má v elektronovém obalu více elektronů než odpovídající atom. Při elektrolýze putují směrem k anodě (kladné elektrodě). Většinou vznikají z elektronegativních prvků, například z kyslíku, síry nebo chloru.

Ionty vznikají:

- při rozpouštění (např. solí ve vodě), kdy se část molekul rozpouštěné látky rozštěpí na dva (nebo více iontů). Takové roztoky jsou elektricky vodivé.
- při ionizaci plynu, kdy rychle letící částice nárazem rozštěpí molekulu na ionty. Ionizovaný plyn se pak stává vodivým. [5]

Usměrněním pohybu kladných iontů (*kationů*) k záporné elektrodě (*katodě*) a záporných iontů (*anionů*) ke kladné elektrodě (*anodě*) vzniká v kapalině elektrický proud. Jeho velikost závisí na napětí mezi elektrodami a na množství volných iontů v elektrolytu.

Zvýšená koncentrace iontů u elektrod má za následek vznik tzv. *polarizačního napětí*. Toto napětí má opačnou polaritu než napětí mezi elektrodami a působí tak proti němu. Aby elektrolytem protékal elektrický proud, musí být vnější napětí *větší* než polarizační napětí.

Průchodem elektrického proudu kapalinou dochází k chemickým změnám na elektrodách. Tento jev se nazývá elektrolýza a využívá se např. k výrobě některých chemických látek nebo v akumulátorech. Naopak samovolné chemické reakce mezi elektrolytem a elektrodami mohou být příčinou vzniku elektrických potenciálů na elektrodách, jejichž rozdíl tvoří elektromotorické napětí používané v galvanických člancích. [5]

2.2.4.1. Elektrolýza

Elektrolýza je fyzikálně-chemický jev, způsobený průchodem elektrického proudu kapalinou, při kterém dochází k chemickým změnám na elektrodách.

Elektricky vodivá kapalina obsahuje směs kladných a záporných iontů vzniklých v kapalině disociací. Průchodem elektrického proudu dochází k pohybu kladných iontů k záporné elektrodě a záporných iontů ke kladné elektrodě. Na elektrodách pak může docházet k chemickým reakcím - mezi ionty a elektrodou, mezi ionty samotnými nebo mezi ionty a kapalinou (díky vyšší koncentraci iontů u elektrody). [5]

Elektrolýza kuchyňské soli

Elektrolytem může být roztok chloridu sodného NaCl (chlorid sodný - *kuchyňská sůl*) a vody, jenž je disociován na kladné ionty sodíku Na^+ a záporné ionty chloru Cl^- . Elektrody mohou být např. uhlíkové. Elektrické napětí mezi elektrodami usměrní pohyb Na^+ k záporné elektrodě, ze které si iont H^+ vezme elektron a změní se na *elektricky neutrální* částici - atom vodíku H, který se sloučí s jiným atomem vodíku za vzniku molekuly H_2 . Záporné ionty Cl^- jsou přitahovány ke kladné elektrodě, které odevzdají svůj přebytečný elektron, a po dvou se sloučí do elektricky neutrální molekuly chloru Cl_2 . Na záporné elektrodě se z roztoku nevylučuje pevný sodík (to by se stalo, kdybychom místo vodného roztoku soli, použili její taveninu - tímto procesem také lze s úspěchem kovový sodík vyrobit), ale probíhá zde redukce vodíku. Sodíkové kationy zůstávají v roztoku spolu s hydroxidovými aniony - jedná se o výrobu hydroxidu sodného. [5]

Elektrolýza vody

Při elektrolýze vody se jako elektrolyt používá roztok kyseliny sírové H_2SO_4 ve vodě a elektrody z platiny, které s kyselinou sírovou nereagují. Disociací molekul kyseliny sírové vznikají v roztoku kladné ionty vodíku H^+ a záporné ionty $\text{SO}_4 \times 2^-$. Kationy vodíku se pohybují k záporné elektrodě, od které přijímají elektron a slučují se do molekuly vodíku H_2 . Aniony $\text{SO}_4 \times 2^-$ se pohybují ke kladné elektrodě, které odevzdají své přebytečné elektrony a elektricky neutrální molekula SO_4 okamžitě reaguje s vodou - vzniká nová

molekula H_2SO_4 . Při této reakci se uvolňují molekuly kyslíku O_2 . U záporné elektrody se tedy vylučuje z roztoku vodík, u kladné elektrody se vylučuje kyslík. V elektrolytu zůstává stejný počet molekul kyseliny sírové H_2SO_4 , zatímco ubývá molekul vody H_2O , koncentrace roztoku se zvyšuje. Energetická účinnost elektrolýzy (dodaná elektrická energie/získaná chemická energie) dosahuje v praxi 60-70 %.[5]

Využití elektrolýzy

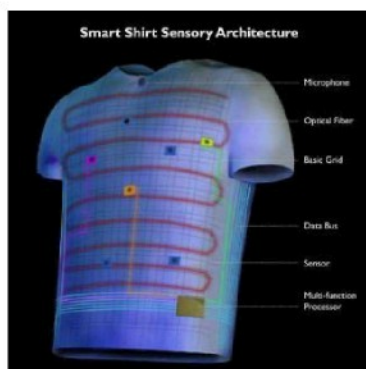
- Rozklad různých chemických látek (elektrolýza vody).
- Elektrometalurgie - výroba čistých kovů (hliník).
- Elektrolytické čištění kovů - rafinace (měď, zinek, nikl).
- Galvanické pokovování (chromování, niklování, zlcení) - pokrývání předmětů vrstvou kovu.
- Galvanoplastika - kovové obtisky předmětů, např. pro výrobu odlévacích forem.
- Galvanické leptání - kovová elektroda se v některých místech pokryje nevodivou vrstvou, nepokrytá část se průchodem proudu elektrolytem vyleptá.
- Polarografie - určování chemického složení látky pomocí změn elektrického proudu procházejícího roztokem zkoumané látky.
- Akumulátory - nabíjení chemického zdroje elektrického napětí průchodem elektrického proudu.
- Epilace - metoda jak permanentně odstranit chloupky na těle[5].

3. Elektricky vodivé textilní struktury

Elektricky vodivá struktura vzniká spojením elektricky vodivé struktury společně s textilií. Elektrické vodivé textilní struktury jsou textilní struktury, které mají i kromě svých textilních charakteristik navíc i elektrickou vodivost. Elektrická vodivost je zapříčiněna integrací miniaturizovaných elektrických součástí jako jsou čidla, mikročipy k zjišťování vnějšího působení a vyvolání patřičné odezvy. Tyto elektrické součásti jsou propojeny vodivými dráhami. Zavedením elektroniky do oděvů lze zaznamenávat např. činnost srdce, tep, tlak nositele, EKG, dech, teplotu a další činnosti, oznamující nositelům či lékařům případné poruchy organismu. [7]

Oděvy využívající vodivé dráhy a elektrické součásti

- Inteligentní košile profesora Sundaresana Jayaramana, která využívá optických vláken k detekci zranění a speciální čidla, která monitorují zdravotní stav nositelů během bojů.



Obr.č. 5: Inteligentní košile profesora Sundaresana Jayaramana

- Elektronická podprsenka založená na průchodu elektrického proudu poprsím, na rozdíl elektrického odporu rozezná zdravou a nádorovou tkáň.



Obr.č. 6: Elektronická podprsenka

- Dětský obleček s čidly pro neustálé sledování životních funkcí dítěte jako je srdeční činnost, činnost plic a sledování tělesné teploty.



Obr.č. 7: Dětský obleček s čidly

- Plavky s indikátorem slunečního záření, které mohou určit intenzitu slunečního záření a v případě vysoké intenzity nositelku informovat. [7]



Obr.č. 8: Plavky s indikátorem slunečního záření

Při spojení elektroniky a textilie vzniká mnoho omezení, které je však možno lehce překonat. Prvotní problém vzniká již při zpracování obou komponent. Vodivé textilní struktury se skládají z nevodivé textilie a z kovového nebo jiným způsobem vytvořeného vodivého vlákna, případně příze. S přibývajícím množstvím kovu se ztrácí typické vlastnosti textilních struktur jako je splývavost a dobrá zpracovatelnost. Elektrické součásti jsou vytvořeny z malých pevných struktur, které jsou velmi citlivé na údržbu a jiné namáhání a tyto součásti jsou obvykle chráněny tvrdými nepoddajnými obaly. Naopak textilie jsou oproti elektrickým součástem jemné, poddajné a velmi často posuzované podle subjektivních kritérií. Důležitým znakem textilií je vysoká pevnost, tažnost a pružnost a tím i zjednodušená tvarovatelnost. Prvním krokem v integraci elektronických technologií do textilie je odstranění rozměrných, nepoddajných a tuhých komponent většiny elektronických zařízení nebo jejich přepracování v menší a poddajnější komponenty.

Základní textilní charakteristiky:

- Snadná úprava spojováním (šitím) a rozebíráním (páráním) – vyrábějí se u jemných přizpůsobivých vláken a nití,
- snadná údržba (praním),
- lehkost,
- dostatečná pevnost, tažné a pružnost,
- jednoduše tvarovatelná podle požadavku a použití bez rozsáhlých změn technologie výroby,
- mají extrémně velký měrný povrch.

Základní charakteristiky elektronických zařízení:

- nepoddajnost,
- větší hmotnost,
- obsahují ve většině případů tvrdý obal,
- schopnost přenášet, zpracovávat a vyměňovat informace.

3.1. Vodivé příze, vlákna a textilní struktury

Pro výrobu textilních vodivých struktur a z nich následně celých obvodů bylo důležité nejprve zvolit textilií a přízi vhodnou pro použití na textilní obvod a poté najít způsob, jak navrhnout a vyrobit textilní obvody.

Příze a nitě použitelné k vytvoření elektrického obvodu musí učinit kompromis mezi elektrickými a mechanickými vlastnostmi. Tyto nitě musí být vodivé, ale také silné a dostatečně pružné, aby mohly být použity ve vysokých rychlostech při šití. Tyto nitě si musí také zachovat své elektrické vlastnosti. Různé postupy rovněž umožní ovládání a integraci přízí s různými elektrickými vlastnostmi, například různé odpory. [3]

Ideální nitě nebo textilní tkaniny pro výrobu obvodů by měly mít nastavitelné elektrické vlastnosti a udržení těchto vlastností by si měli ponechávat při šití a opotřebovávání vnějšími vlivy a nošením. [3]

Vodivost příze je možno získat několika různými metodami:

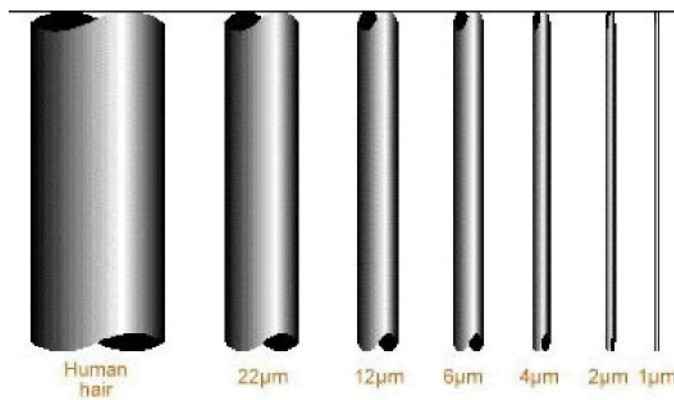
- Tenký kovový drát – kovový drát se používá jako samostatná příze. Používá se pro výrobu tkanin, kde se při jejím vytváření pravidelně střídá příze základní a kovová.
- Skroucený kovový drát – kovový drát jako v předchozím bodě, ale navíc je obetkaný základní přízí.
- Kovová nekonečná vlákna – vodivá příze se skládá ze základní příze s kovovými vlákny.
- Kovový povlak – základní příze je chemicky pokovená tenkou kovovou vrstvou.

Vodivá vlákna jsou materiály, které se používají k výrobě vodivých přízí a nití vhodných na výrobu integrovaných elektronických textilií. Mezi vodivá vlákna patří kovová vlákna a vlákna optická.

Kovová vlákna se uplatňují již několik roků v různých průmyslových aplikacích. V současné době kovová vlákna nacházejí uplatnění i v rozvíjejícím se odvětví smart

textilií v oděvnictví. Elektricky vodivá vlákna mohou být rozdělena do dvou hlavních skupin a to na vlákna **přírozně vodivá** a vlákna **speciálně ošetřená** k získání vodivosti. Přírozně vodivá vlákna nebo též nazývaná kovová vlákna jsou vyráběna z kovů jako je nikl, nerezavějící ocel, titan, hliník, měď a uhlík. Kovová vlákna jsou velmi tenká, jejich průměr se pohybuje v rozsahu od 1 do 80 μm . [16]

Kovová vlákna jsou vyráběna tryskovou technologií nekonečným způsobem. Při procesu výroby vzniká svazek nekonečných vláken. Takto vyrobená vlákna jsou namotávána na cívky (nekonečná vlákna) nebo jsou rozřezána na kratší vlákna. Kovová vlákna mají vysokou vodivost, ale mají vysokou lámavost. Lámavost je způsobena vysokou tuhostí a křehkostí. Kovová vlákna jsou tedy jen velmi těžko spřadatelná oproti klasickým textilním vláknům. [16]



Obr.č. 9: Porovnání kovových vláken s lidským vlasem

Vlákna speciálně ošetřena k získání vodivosti mohou být vyráběné pokovováním vláken kovy, galvanickými vlákny a nebo kovovými solemi jako je sulfid měďnatý a jodid měďnatý. Kovový vláknový povlak vytváří vysokou vodivost, ale může dojít k adhezi mezi kovem a vláknem a tím zhoršit odolnost proti korozi. Galvanické látky vytvářejí relativně vysokou vodivost, ale jejich nanášení je velmi obtížné, proto se nanášení pouze na vodivé substráty jako jsou grafitová nebo uhlíková vlákna. Z tohoto důvodu jsou galvanické látky nevhodné pro textilie. [16]

Elektricky vodivá vlákna se spřádají v různých poměrech s klasickými nevodivými vlákny, vytvářejí se tak příze o různé vodivosti. Vodivá vlákna jsou pak velmi kompatibilní se základním materiálem a proto je možné je využít neomezeně na výrobu pratelných a nositelných vodivých tkanin, které mají vzhled a omak jako obyčejné tkaniny. [16]

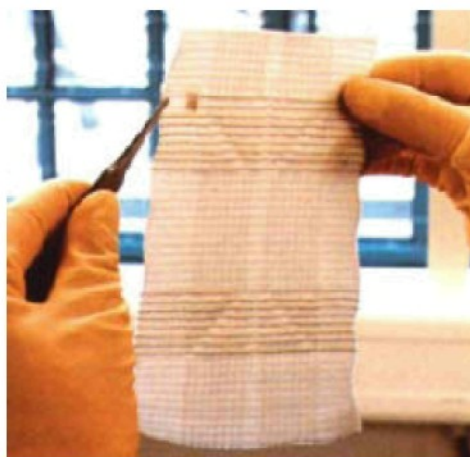
3.2. Možnosti realizace vodivých textilních struktur

Vodivé struktury mohou být na textilií vytvořeny několika způsoby:

- samotná struktura textilie obsahuje vodivá vlákna, **vetkaná** do textilie v osnově nebo útku, a ta pak vytváří požadovanou elektronickou charakteristiku
- tvorba vodivých cest na textilních materiálech technologií **vyšívání**
- tvorba vodivých cest technologií textilního **tisku**

3.2.1. Vetkání vodičů a sběrných systémů přímo do textilií

Tento způsob se jeví jako jedna z nejlepších spojovacích technologií mezi textilním substrátem a elektronickými součástkami. Na jednotlivé vodivé dráhy se pak připojí mikroelektronické moduly, které musí být samozřejmě lehké, omyvatelné a podobně pružné, ohebné a trvanlivé jako běžné tkaniny. Vodivé dráhy jsou zhotoveny ze speciálně upravené nerezavějící oceli tak, aby vydržely při strojovém pletení či tkaní a přitom byla tkanina natolik ohebná, tak aby je člověk hmatem ani nerozeznal.



Obr.č. 10: Vodivé dráhy vetkané v textilií

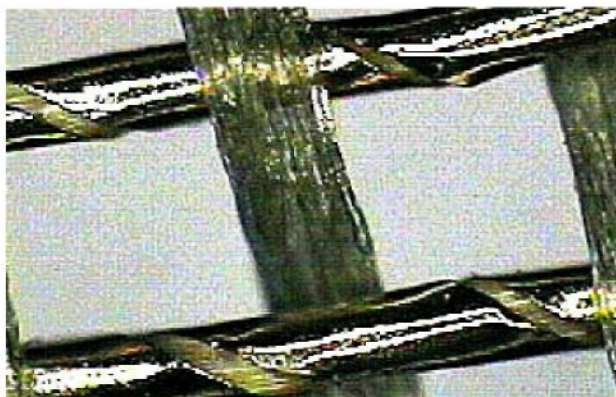
3.2.2. Elektronická výšivka

Použitím vodivých přízí mohou být na textilních substrátech vytvořeny vysoce odolné, pružné a dokonce snadno udržovatelné vícevrstvé elektronické systémy vodivého elektrického obvodu.

Elektronická výšivka je vzorování vodivé textilie číselně řízeným šicím nebo tkacím procesem. Šité nebo vyšíváné textilní elektrické obvody zahrnují textilní elementy (vodivé příze, vlákna a textilní substráty), které pracují jako vodivé cesty, senzory, elektrody a diskrétní komponenty (např. rezistory a kondenzátory). Ideální vlákno nebo textilie pro elektrický obvod musí mít dokonale přizpůsobivé vlastnosti a tyto vlastnosti by si měly udržet i při procesu šití, vyšívání, ohýbání a běžném nošení. [3]

Kovový hedvábný organtýn

Ve své základní formě je to jemná hedvábná tkanina s tenkými zlatými spirálami ovinutými kolem každé útkové příze. Osnova obsahuje paralelní hedvábné příze. Příčně k této osnově je vetkán útek s hedvábnými přízemi, které jsou ovinuty kovovými fóliemi. Tato kovová vlákna mají vysokou vodivost (okolo $0,1 \Omega/\text{cm}$). Protože vodič běží v této textilií pouze v jednom směru, textilie je anizotropně vodivá. Elektrické obvody s komponenty připojenými k organtýnu vyžadují, aby bylo zabráněno vzájemnému překřížení kontaktu, což lze provést obalením, podepřením nebo vyztužením textilie izolační vrstvou, což může být také tkanina. Ovšem má to tu nevýhodu, že izolace může rušit vodivost textilie. [3]



Obr.č. 11: Ovinutí útkové příze tenkými zlatými spirálkami

Vodivé příze

Vodivé příze mohou být vytvořeny několika způsoby, spřádáním nekonečných ocelových vláken, vytvářením kompozitních přízí a kompozity.

Vodivá nerezová ocelová příze (vlákno) má několik přímých výhod. Je inertní – netečná, a tudíž není náchylná k poškození při praní nebo pocení. Tyto příze se liší svým složením – od stoprocentně vodivých nekonečných vláken k výrobě plstí až k polyesterovým kompozitům vyplněným krátkými ocelovými vlákny. Tato rozdílnost souvisí i s odlišným odporem. Vodivost těchto přízí je nakonec omezena vlastní vodivostí nerezových ocelových vláken, která je závislá na procesu jejich výroby a na jejich průměru a jemnosti.

Kompozitní příze s krátkými ocelovými vlákny a polyesterem byly vybrány pro strojní výšivku z toho důvodu, že příze z nekonečných ocelových vláken nemůže být použita pro strojní šití. Protože jsou ocelová vlákna krátká a vyčnívají z příze, mohou mezi šitými vodivými cestami existovat elektrická spojení. To může být napraveno úpravou povrchu textilie magnetem pokrytým houbou. Vyčnívající ocelová vlákna vytváří výborný kontaktní povrch. To je důležité např. pro dotyková tlačítka vytvářející kontakt s deskou elektrického obvodu (jako u hrací bundy), určená pro kontakt s kůží pro snímání hodnot a kontakt mezi oddělenými vlákny a vodivými cestami (obzvláště v případě vícevrstevných elektrických obvodů vytvořených technologií vyšívání). [3]

Kompozity - Vytvořené elektronickou výšivkou

Jde o techniku „stehování“ kompozitních cest. Segmenty vodivé cesty, které pokrývají ocelové svazky, vykazují menší odpor na jednotku délky než segmenty samotné. Vodivost těchto čistě ocelových přízí je asi 100x větší než příze kompozitní, což nutně vede k závěru, že nepřiliš přesná síť odporu může být jednoduše vytvořena kombinací řad stehů ve dvou materiálech.

Vodivé nitě, typicky jemnější a pevnější než vodivá vlákna, mohou být do smart oděvu strojově všity. Jejich vodivost může být regulována právě způsobem rozmístění. Výšivka vodivými nitěmi nabízí výhody pro inteligentní elektronické textilie, zahrnující možnost našití více vrstev na textilií v jednom kroku a přesnou specifikaci dispozice elektrického obvodu s CAD systémy. [3]

3.2.3. Potiskem textilie vodivými pastami (tištěné obvody)

Elektronické textilie jsou většinou vodivé díky vetkání nebo vpletení vodivých přízí do textilní struktury během procesu výroby textilie. Obtížnost integrace elektronických komponent do oděvu zvyšuje kromě jiného i geometrické omezení spojené s vodivými cestami, příkladem je nedostatečná stopa vzoru elektronických komponent. Jedním ze způsobu, jak eliminovat tyto nedostatky, je využití technologie používané v průmyslu polymerních tenkých filmů. Místo vetkání nebo vpletení vodivých vláken do textilní struktury lze textilní substrát potisknout vodivými pastami, resp. inkousty metodou sítotisku (filmového tisku). Jde tedy o technologii natištění koplanárních vlnovodů přenosových cest metodou sítotisku na specifický textilní substrát pomocí vodivých past (inkoustu). [3]



Obr.č. 12: Potisk textilie vodivou pastou

3.3. Funkce oděvů vytvořených z vodivých struktur

Oděv vytvořený za pomoci vodivých textilních struktur obsahuje 5 základních funkcí:

- senzory
- zpracování dat/informací,
- poháněcí zařízení,
- ukládání dat,
- komunikace. [21]

Všechny smart textilie, resp. oděvy mají svoji funkci, ačkoliv ne každý musí obsahovat všechny výše uvedené funkce. Jsou to buď funkce nějakého určitého zařízení, nebo jsou to vnitřní vlastnosti nějakého materiálu nebo struktury a musí být kompatibilní s funkcí oděvu a to tak že musí být pohodlné, trvanlivé, odolné proti pravidelné údržbě praním atd.

3.3.1. Senzory

Senzory neboli též čidla jsou malá elektronická zařízení, která mohou přijímat a reagovat na podnět, a tím umožňují spojení mezi textilií a uživatelem. Je to zařízení, které přeměňuje veličinu na elektrický signál. Mohou být buď k textilií připevněny, nebo mohou být včleněny do textilního substrátu.

Senzor zachycuje charakteristiky lidského těla nebo okolního prostředí. Textilie jsou v přímém kontaktu s lidským tělem a tudíž textilní senzory jsou dobrým nástrojem pro měření možných projevů lidského těla jako jsou takzvané biosignály, mezi které patří:

- teplota,
- biotické potenciály: kardiogram, myografie (záznam svalových kontrakcí),
- akustické biosignály: srdce, plíce, trávicí soustava, klouby,
- ultrazvuk: krevní oběh,
- pohyb: dýchání,
- vlhkost: pot,
- tlak: krevní tlak.

Je třeba nalézt vhodné parametry pro měření určitých tělesných funkcí, stejně jako nalézt algoritmus pro výklad těchto dat. V současnosti se již oděvy používají pro měření srdečního pulsu a rychlosti dechu, teploty, pohybu, vlhkosti, ale používají se tradiční senzory integrované do oděvu.

3.3.2. Zpracování dat

Zpracování dat je jedním z komponentů, které jsou zapotřebí pouze tehdy je-li nutné aktivní zpracování. Oblast interpretace dat však v současnosti stagnuje. Textilní senzory mohou poskytovat velké množství dat, ale je problém rozpoznat, co znamenají.

Problémem při zpracování dat může být:

- mnoho odchylek signálu jako mohou být různí pacienti,
- složitá analýza neměnných a časově závislých signálů,
- nedostatek objektivních standardních hodnot,
- nedostatek znalostí komplikovaných vzájemných vztahů mezi parametry.

Kromě toho textilní materiály obecně nemají výpočetní schopnosti, proto jsou stále zapotřebí elektronické součástky, avšak jejich odolnost je stále omezená.

3.3.3. Pohon, zdroj energie

Poháněcí zařízení reaguje na impulsy pocházející od senzoru nebo po zpracování dat. Pohony zajišťují pohyb, uvolňují substance, vytváří zvuky atd.

V této oblasti jsou nejznámější *materiály pro tvarovou paměť*. Díky své schopnosti reagovat na změnu teploty mohou být materiály s tvarovou pamětí použity jako poháněcí zařízení a perfektně odpovídají požadavkům kladeným na smart textilie.

Druhým typem jsou *chemické aktuátory*, které za předem definovaných podmínek uvolňují specifické substance. Substance mohou být uloženy v zásobnících nebo mohou být chemicky navázány na polymerní vlákna. Materiály, které uvolňují substance, již existují v několika aplikacích: uvolňují vonné látky, látky pečující o pleť, antimikrobiální prostředky atd. Nelze však účinně kontrolovat uvolňování látek. Uvolňování může být aktivováno teplotou, pH, vlhkostí, chemikáliemi a mnoha dalšími faktory.

3.3.4. Ukládání dat

Vzhledem k tomu, že ukládání dat není primárním cílem smart oděvů, musí některé tyto oděvy být schopni fungovat jako samostatný počítačový systém, se kterým je spojeno i ukládání dat. Nejběžnější je *ukládání dat a energii*.

3.3.5. Komunikace

Komunikace pro inteligentní elektronické oděvy má mnoho podob a může být provozována:

- v rámci jednoho elementu oděvu,
- mezi jednotlivými elementy v rámci oděvu,
- k vedení instrukcí od nositele do oděvu,
- k předávání informací z oděvu k nositeli nebo jeho okolí.

V rámci oděvu je komunikace nyní realizována buď pomocí optických vláken nebo vodivými vlákny. Obě varianty mají čistě textilní podstatu a mohou být včleněny do oděvu bezešvým způsobem. Komunikace se širokým okolím je důležitá v mnoha aplikacích.

Bezdrátového spojení může být dosaženo integrací antény do oděvu. Výhodou antény včleněné do oděvu je, že může být využit velký povrch, aniž by to uživatel vnímal, resp. aniž by ho nějakým způsobem anténa obtěžovala. Pomocí GPS a integrované antény by tak bylo možné bezpečně určovat pozici nositele.

3.3.5.1. Global Positioning System

Global Positioning System, zkráceně GPS, je vojenský navigační družicový systém provozovaný Ministerstvem obrany Spojených států amerických, který dokáže s několikametrovou přesností určit pozici kdekoliv na Zemi. Přesnost GPS lze ještě zvýšit až na přibližně 1 cm s použitím metod jako je Diferenciální GPS (DGPS).

Vývoj GPS byl zahájen v roce 1973 a po postupném rozšiřování se stal plně funkčním a dostupným po celém světě 17. ledna 1994, kdy byla na Orbitu umístěna kompletní sestava 24 družic. V roce 1983, kdy sovětská stíhačka ve vzdušném prostoru SSSR sestřelila civilní dopravní letadlo Korean Air Flight 007 (KAL 007), přičemž všech 269 lidí na palubě zahynulo, oznámil americký prezident Ronald Reagan, že po dokončení bude GPS k dispozici i pro civilní účely. V současné době se systém využívá i v mnoha oborech lidské činnosti, které s armádou nesouvisí, kdy civilní uživatelé mohou k určení polohy používat takzvaný civilní C/A kód. Na provoz GPS se ročně vynakládá přibližně 400 milionů amerických dolarů.

V České republice poskytuje uživatelům GPS korekční data pro přesné určení pozice síť permanentních stanic pro určování polohy CZEPOS. CZEPOS spravuje a provozuje Zeměměřický úřad jako součást geodetických základů České republiky. CZEPOS využijí všichni uživatelé, kteří potřebují v reálném čase určovat pozici pevného či pohybujícího se stanoviště. Lze využít pro přesnou navigaci v dopravě (určování pozic a sledování pohybu vlakových souprav, kamionové přepravy, vozidel taxislužby, ap.) či záchranných systémech, pro přesnou lokalizaci objektů v terénu a jejich následné začlenění v geografických informačních systémech (GIS).

4. Fyziologie a fyziologické procesy lidského těla

Fyziologie je přírodní věda o výkonech a funkcích živých organismů (starší, již nepoužívaný název biodynamika). Studuje mechanismy umožňující činnost jednotlivých buněk, orgánových soustav i celých organismů a způsoby, jak jsou tyto činnosti řízeny a vzájemně propojeny ve funkční celky. Zkoumá také vliv faktorů vnějšího prostředí na životní funkce a způsoby adaptace organismů na změny faktorů vnějšího prostředí.

Úkolem fyziologie je nejen vypátrání a stanovení životních jevů, nýbrž také výklad jejich příčinné souvislosti. Proto nepostačuje její pouhé pozorování, jako popisným přírodním vědám, nýbrž ona užívá též umělých prostředků vzbuzování děje životního prostředí za různých podmínek, aby mohla tyto děje dle příčin stanovit nebo determinovat; je tedy vědou experimentální.

Každý z nás se musel ve škole seznámit aspoň se základními znalostmi o lidském těle. Učili jsme se o kostře, o svazech, o vnitřních orgánech a jejich funkci a také o mozku a nervové soustavě. Podobu a stavbu organismu zkoumá anatomie, funkce zkoumá fyziologie, což jsou základní předměty studia.

Základy fyziologie nervové soustavy - centrální nervový systém tvoří mozek a mícha. S celým organismem je spojen pomocí obvodových nervů. Nervy jsou svazky nervových vláken, která vedou impulsy dostředivě (do mozku přinášejí informace o stavu orgánů a podněty z receptorů), tato vlákna nazýváme senzitivní nebo odstředivě (motorická vlákna), zajišťující přenos pokynů do orgánů. Receptory jsou zpravidla jednoúčelové specializované orgány, zjišťující jeden druh podnětu - světlo, zvuk, teplo, tlak, změna chemického a biologického složení krve (počet krvinek) .

Organismus (lidské tělo) se zpravidla přizpůsobuje vnějším vlivům tak, aby všechny podmínky pro jeho funkci byly ideální a tomuto přizpůsobení se říká fyziologický proces. Koordinaci těchto procesů vykonává právě centrální nervová soustava, jako řídicí a spojovací element v organismu. Tato funkce je homeostatická, tedy směřující k rovnovážnému stavu. Mnoho reakcí probíhá zcela automaticky (bez rozmyslu) a nazýváme je reflexy.

Fyziologie a hygiena odívání studuje vzájemně vztahy mezi okolím, oděvem a organismem a snaží se zajistit dobrý oděvní komfort. Vychází z teoretických základů vědy o fyziologických vlastnostech oděvu, kterými jsou fyzika, fyzikální chemie, oděvní technologie, lékařská fyziologie a psychologie.

4.1. Komfort

Definice:

Komfort je stav organismu, kdy jsou fyziologické funkce organismu v optimu a kdy okolí včetně oděvu nevytváří žádné nepříjemné vjemy vnímané našimi smysly. Subjektivně je tento pocit brán jako pocit pohody.

Komfort dělíme na: psychologický, senzorický, termofyziologický a patofyziologický. [1]

Psychologický komfort - typické denní oblečení by mělo v první řadě respektovat tepelně-klimatické podmínky, které jsou podmíněny geograficky. Oděv vhodný pro dané podmínky se stává normou, zahrnují politický systém, úroveň technologie, apod.. Jako příklad by se dal uvést vztah vojáka k uniformě. V uniformě mu je teplo a potí se, svůj psychologický komfort však může pociťovat příjemně a to tím, že je pro něj nošení uniformy hrdostí. [1]

Senzorický komfort - zahrnuje vjemy a pocity člověka při přímém styku pokožky a první vrstvy oděvu. Tento komfort rozdělujeme na komfort nošení a na omak. [1]

Termofyziologický komfort - Vyjadřuje stav tepelné pohody. Je to tedy stav, ve kterém člověk vydrží pracovat neomezeně dlouho, stav fyziologické, psychologické a fyzikální harmonie. [1]

Patofyziologický komfort - působení chemických substancí obsažených v materiálu, ze kterého je oděv vyroben a mikroorganismů vyskytujících se na lidské pokožce. Působení patofyziologických vlivů je závislé na odolnosti člověka (lidské pokožky) proti účinkům chemických látek obsažených v textiliích a na podmínkách růstu kultur mikroorganismů vyskytujících se v mikroklimatu omezeném povrchem lidského těla a textilií. [1]

4.2. Termoregulace lidského organismu

Udržování tělesné teploty v přijatelném rozmezí bez velkého kolísání se uskutečňuje díky termoregulačním mechanismům. Termoregulace je chemická nebo fyzikální.

Chemická termoregulace řídí tvorbu tepla v organismu a fyzikální má za úkol řízení tepelných ztrát. Organismus se snaží udržet výdej a tvorbu tepla v rovnováze, tak aby se vydávalo právě tolik tepla kolik se ho vyrobí.

Při pobytu ve studeném prostředí se zvyšuje metabolismus a tím se nahrazují ztráty tepla, nastává vasokonstrikce v oblasti kůže. Při vyšších teplotách prostředí se musí zvyšovat výdej tepla, nechceme-li, aby se organismus přehříval. Z části stačí vyrovnat změnu větší prokrvení kůže, ale při vyšších teplotách je hlavním termoregulačním mechanismem pocení. Je-li teplota prostředí stejně vysoká jako teplota kůže, je odpařování jedinou možností jak se organismus může zbavovat tepla. [17]

V rámci termoregulace produkuje lidský organismus vodu ve formě potu. Při teplotě kůže do 34°C uvolní tělo do okolí asi 0,03 litru potu za jednu hodinu, nad hranici 34°C to může být až 0,7 litru. Záleží na momentální fyzické námaze a dalších okolnostech. Nelze s přesností říci, jaké množství potu vyprodukuje tělo kuchaře při jeho práci. To záleží na teplotě místnosti, ale i samotném jedinci. U každého člověka to může být jiné. [1]

Ochlazovací efekt poté vznikne pouze při odpaření potu. U oblečeného člověka se transport vlhkosti řídí:

- difuzí
- kapilárně
- sorpčně

Difúzní prostup vlhkosti z povrchu kůže přes vrstvu textilie se uskutečňuje prostřednictvím pórů. Difúzní odpor jednotlivých vrstev textilií různých druhů a kvalit (nátělník, triko,...) se pak sčítá. V tomto odporu hraje značnou roli i odpor vzduchových mezivrstev. Díky větší porositě mají otevřené materiály, například pleteniny, přirozeně větší propustnost pro vodní páry než tkaniny. [1]

Kapilární odvod potu je realizován tím, že kapalný pot na kůži je v kontaktu s první vrstvou textilie a jejími kapilárními cestami vzlíná do plochy textilie všemi směry. Jedná se o tzv. knotový efekt. Jestliže bylo dosaženo nějaké povrchové úpravy vláken, které zvyšují jejich drsnost (jako je např. laserová úprava), kapilární tlak se zvýší a takto upravená látka vykazuje vyšší knotové vlastnosti. Většinou vlákna s knotovým efektem bývají použita na úplety, pouze někdy na tkaniny. [1]

Sorpční proces je založen na předpokladu prvotního vzniku vlhkosti nebo kapalného potu do neuspořádaných mezimolekulárních oblastí ve struktuře vlákna a následném navázání na hydrofilní skupiny v molekulové struktuře. Je to proces nejpomalejší a je podmíněn použitím textilie s obsahem sorpčních vláken. Všechny tři mechanismy se na transportu vlhkosti podílejí současně. Nejrychlejší transport vlhkosti je kapilární a difúzní, nejpomalejší pak transport sorpční. [1]

4.3. Hodnocení fyziologických vlastností textilií

Objektivní hodnocení fyziologických vlastností oděvních textilií představuje zejména hodnocení nejdůležitějších tzv. transportních vlastností nebo propustností. Propustnost je obecně definovaná jako schopnost prostředí propouštět částice nebo záření. K prostupu, transportu média dochází v případě, že se materiál nachází ve fyzikálním prostředí s různou intenzitou na obou jeho stranách (teplota, tlak, ...), přičemž médium prostupuje směrem k nižší intenzitě. U textilií jde nejčastěji o vlastnost funkční a dle druhu prostupujícího média se rozlišuje:

- propustnost vzduchu,
- propustnost vodní páry,
- propustnost vody,
- propustnost tepla.

Uvedené propustnosti jsou důležité jak pro oděvní textilie, kde napomáhají termoregulaci organismu zejména v extrémních klimatických podmínkách. [12]

5. Vliv nošení – užité vlastnosti textilií

Uplatňují se při používání textilních výrobků. Musí být takové, aby oděvní výrobky zhotovené z oděvních materiálů plnily všechny funkce oděvu, aby vyhovovali požadavkům spotřebitele během užívání (nošení oděvů). Obecné rozdělení užitečných vlastností:

- trvanlivost,
- estetické vlastnosti,
- fyziologické vlastnosti,
- možnost údržby,
- ostatní vlastnosti.

5.1. Trvanlivost

Schopnost odolávat poškození a opotřebení během užívání (nošení, údržba) jsou oděvní výrobky ohýbány, natahovány, stlačovány, odírány, působí na ně světlo, teplo, pot apod. Ze struktury textilií se uvolňují jednotlivá vlákna, textilie se ztenčují a jsou stále méně odolné vůči dalšímu opotřebení, zhoršuje se jejich vzhled (vlastnosti estetické). Trvanlivost textilií je posuzována pomocí laboratorních zkoušek.

Vlastnosti:

- pevnost v tahu a tažnost textilií,
- pevnost a tažnost švů,
- odolnost v oděru v ploše, v hraně,
- odolnost proti posuvu nití ve švu.

5.2. Estetické vlastnosti

Ovlivňují vzhled oděvů, často jsou určovány módou. Jsou dány druhem oděvního materiálu a jeho parametry jako je materiálové složení, použité přize, vazba a finální úprava. Vybrané estetické vlastnosti je možno hodnotit pomocí laboratorních zkoušek.

Vlastnosti:

- stálobarevnost,
- lesk x mat,
- splývavost x tuhost,
- mačkavost,
- žmolkovitost,
- zátrhovost.

5.3. Fyziologické vlastnosti

Mezi fyziologické vlastnosti patří hygieničnost oděvu a oděvní komfort, což znamená souhrn všech vjemů spotřebitele při nošení oděvu.

Vlastnosti:

- prodyšnost - schopnost textilie propouštět vzduch,
- savost - schopnost textilie ponořených do vody přijímat a fyzikální cestou vázat vodu při stanovené teplotě a čase (sací výška),
- nasákavost - schopnost textilie absorbovat kapalnou vodu do své struktury (přírůstek hmotnosti; čas, za který se voda vsákne),
- vysýchavost - schopnost odevzdávat vodu do okolního prostředí,
- snášivost – vodoodpudivost (úhel smáčení; etalon),
- propustnost vodních par - schopnost propouštět vodní páry na základě rozdílného parciálního tlaku vodních par před a za plošnou textilií,
- tepelně izolační vlastnosti – schopnost propouštět teplo při určitém tepelném spádu; souvisí se schopností materiálu vést teplo.

5.4. Možnost údržby

Nezbytná podmínka uplatnění textilií jako oděvních materiálů. Možností údržby se rozumí možnost praní, chemického čištění, žehlení. U oděvních výrobků zhotovených z více materiálů musí být způsob údržby volen s ohledem na nejchoulostivější z nich.

Vlastnosti:

- sráživost při praní a chemickém čištění,
- stálobarevnost,
- zapouštění barvy.

5.5. Ostatní užité vlastnosti

Speciální požadavky kladené pouze na určité druhy oděvů.

Vlastnosti:

- nepronikavost,
- odolnost proti působení tlakové vody,
- nehořlavost,
- nepropustnost pro chemikálie, prach. [12]

6. Experimentální část

Experimentální část diplomové práce se zaměřuje na testování vybraných vlivů na vodivost a trvanlivost textilní vodivé struktury. Vodivá struktura je zhotovena technologií strojového šití a vyšívání, kdy vodivá nit nebyla použita jako nit šicí, ale jako přidavný materiál při tvorbě švu.

Experiment se zaměřuje převážně na ověření změn charakteristik elektricky vodivé struktury při působení potu a z menší části na ověření změn při působení několikanásobným ohybem, tento ohyb je simulován na ohyb paže v lokti.

6.1. Návrh vodivé textilní struktury

Pro realizaci vhodné vodivé textilní struktury experimentální části bylo zvoleno triko. Triko je vytvořeno jako funkční či obyčejné bavlněné. Na triku je zhotovena vodivá dráha dvojího typu, jedna tvoří dráhu antény pro vysílání signálu pomocí technologie Global Positioning System, zkráceně GPS. Druhá dráha je využívána ke snímání životně důležitých funkcí nositele pomocí snímačů. Vodivá dráhy byla zhotovena technologií šití.

Takto vytvořené triko je možno použít pro vysokohorskou turistiku, aby záchranná horská služba v případě ztráty horolezce mohla identifikovat jeho polohu a přitom věděla, v jakém stavu se právě nachází. Dalším využitím tohoto trika je pro lidi trpící Alzheimerovou chorobou z hlediska jejich snadnějšího dohledání a tím zabránění možné ztrátě. Jedním z dalších možných využití by mohlo být i u vězeňské služby, kdy se vězni vozí do firem na výpomoc, vězni by byly stále pod dohledem.

Vodivé dráhy na takovém triku jsou velmi citlivé právě na fyziologické vlivy těla nositele. Mezi nejdůležitější vliv patří pocení těla, pot je složen ze soli a vody, obě tyto složky jsou vodivé a právě proto je třeba se na tuto část zaměřit. Dalším možným ovlivněním vodivé dráhy z hlediska její trvanlivost může být vliv nošení a to převážně ohyb a oděr. Pro vodivé přize jsou využity převážně ocelová vlákna, častým ohybem je možno vlákna porušit a vodivost tím velmi ovlivnit.

6.2. Druhy použitých nití

Při tvorbě vodivé struktury je třeba dvou druhů textilních materiálů a to vodivých nití a nosné textilie. Vodivé nitě by měli splňovat určité požadavky, které souvisí s využitím vodivé struktury. Vodivá nit má ve své podstatě funkci přídatného vodivého, není tedy použita ke spojení dílů a neslouží k samotnému šití. Vzhledem k funkci přídatného vodivého materiálu nejsou na vodivou nit kladeny tak vysoké šicí schopnosti jak na klasické šicí nitě sloužící převážně ke spojování oděvních součástí.

Pro tvorbu vodivé struktury v rámci této diplomové práce byly použity 3 typy vodivých přízí od firmy Bekaert, které byly zakoupeny pro zpracování předchozích diplomových prací. Konkrétně se jedná o nitě Bekaert Bekinox ®:

- VN 12/1x275/100 Z (100% ocelová vlákna) - slabá
- VN 12/2x275/175 S (100% ocelová vlákna) - střední
- VN 12/6x275/120 S (100% ocelová vlákna) - silná. [15]



Obr.č. 13: Reklamní snímek firmy Bekaert

Bekaert Bekinox ® je obchodní značka pro standardní jakostní textilní přízi obsahující určité procento Bekinox ® vlákna z nerezavějící oceli. Bekaert Bekinox ® VN je souvislá multifilní příze ze 100% nerezové oceli a je nejvíce flexibilní a trvanlivostně elektricky vodivá.. [15]

Tato multifilní nerezová ocelová vlákna se používají v celé řadě aplikací, které souvisejí s:

- anti-statickými textiliemi,
- inteligentními textiliemi,
- přenosem signálů,
- power transferem,
- tepelně odolným šitím,
- tepelnou vodivostí. [15]

Z předchozí diplomové práce na téma *Inovace postupu tvorby vodivých cest* sepsanou Bc. Elenou Pitákovou roku 2008 byl převzat již předem změřený elektrický odpor vodivých přízí. Na jednotlivých typech uvedených vodivých nití byl určen elektrický odpor **R** [Ω .m].

VN 12/1x275/100 Z	R = 1 466 Ω.m
VN 12/2x275/175 S	R = 549 Ω.m
VN 12/6x275/120 S	R = 158 Ω.m [20]

6.3. Druhy použitých materiálů

Pro vytvoření vodivé textilní struktury byly použity dva druhy textilního materiálu. Obě textilie jsou pleteniny používané pro výrobu triček firmou Blue Fly.

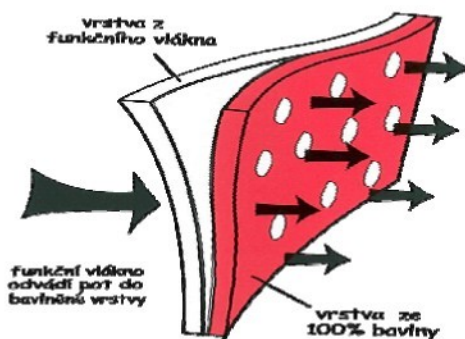
1. materiál používaný pro výrobu funkčního prádla TermoDOU

Charakteristika oděvního výrobku

Termo prádlo DUO je vyrobeno z materiálu, který kombinuje vynikající vlastnosti funkčního vlákna ze 100% polypropylénu a 100% bavlny. Při pohybu kdy dochází k odvodu tělesného tepla ve formě potu, funkční vlákna, která jsou ve spodní vrstvě dotýkající se pokožky odvedou pot do bavlněné vrstvy. Tímto efektem bylo docíleno oddělení vlhké bavlněné vrstvy od pokožky, která zůstává v teple a suchu. Viditelnými otvory ve vnější bavlněné vrstvě dochází k vynikající cirkulaci vzduchu, která je důležitá pro dobrou stabilizaci tělesné teploty.

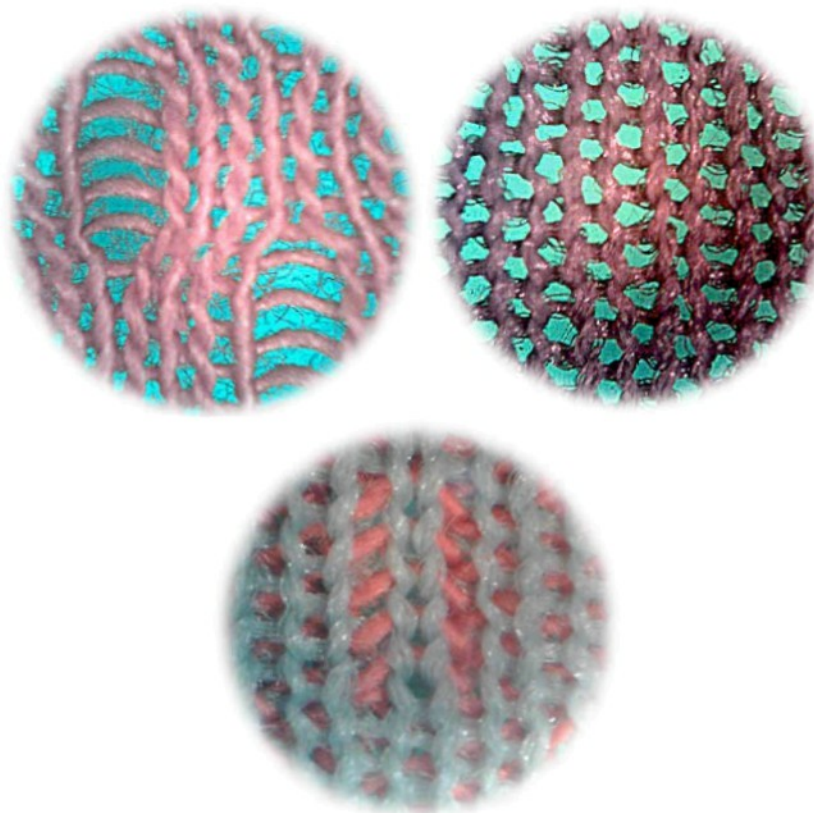
Charakteristika oděvního materiálu

Funkční vlákna z polypropylénu a bavlny nejsou společně zapředeny, ale jsou umístěny ve dvou do sebe částečně zasahujících vrstvách. Vnitřní vrstva ze 100% polypropylénu je upletena z obolící hladké zátažné pleteniny. Druhá vrstva tvořící lící stranu je vytvořena ze 100% a též ze zátažné pleteniny. Obě vrstvy pleteniny jsou spleteny v interlokovou pleteninu spojenou každým 5 očkem v řádku bavlněné vrstvy.

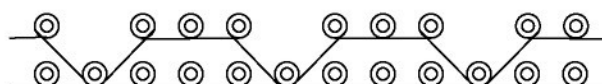


Obr.č. 14: Grafické znázornění provázání obou vrstev materiálu DUO

- Složení materiálu: Vnitřní vrstva 100% polypropylenové
mikrovlákno PROLENVEL
Vnější vrstva 100% bavlna
- plošná hmotnost materiálu: 160 g/m²
- finální úprava použitá na materiálu: není. [22]



Obr.č. 15: Zobrazení provázání oček jednotlivých materiálů, nejprve bavlny a poté polypropylénu, a na spodní části obrázku vzájemné propojení obou vrstev z rubní strany



2. materiál používaný pro výrobu triček

Charakteristika oděvního výrobku

Trička vyrobená ze 100% bavlny mají navodit příjemný pocit přírodního vlákna. Bavlna zajišťuje pohlcování potu a tím odvedení potu od pokožky člověka.

Charakteristika oděvního materiálu

Oděvní materiál je vytvořen pletením, jedná se tedy o pleteninu. Pletenina je vytvořena zátažnou technikou a jedná se o obolící zátažnou pleteninu.

- Složení materiálu: 100% bavlna
- Plošná hmotnost materiálu: 200 g/m²
- Finální úprava použitá na materiálu: není. [22]



Obr.č. 17: Zobrazení provázání oček



Obr.č. 18: Schéma vedení nitě

6.3.1. Stanovení podílu textilních vláken u funkčního materiálu DUO

U materiálu DUO byl stanoven procentuální podíl vláken v textilií dle normy ČSN 80 0067 - Stanovení podílu textilních vláken ve směsích. Materiál je složen ze dvou druhů vláken a to bavlny a polypropylenu.

Z materiálu DUO byly ustřiženy vzorky 10x10cm, označeny a zváženy. Následně byly vzorky sušeny v sušičce na 105°C po dobu 30 minut. Takto vysušené vzorky byly opět zváženy a jejich hmotnost zaznamenána.

Na 1g vzorku bylo připraveno 100ml 70% kyseliny sírové (H_2SO_4), která byla zahřátá na 37°C. Připravené vzorky byly ponořeny do kyseliny a za občasného promíchávání byly ponechány v kyselině po dobu 15 minut. Po uplynutí času 15 minut byly vzorky přefiltrovány a několikrát propláchnuty v destilované vodě. [23]

Bavlněná vlákna byla ze vzorku odstraněna roztokem kyseliny a ze vzorku zbyla pouze polypropylénová vrstva, která byla následně zvážena a výpočtem byl stanoven procentuální podíl polypropylénových vláken v materiálu DUO viz. Tabulka č. 4:

	Vzorek 1.	Vzorek 2.	Vzorek 3.
Hmotnost materiálu DUO	1,98221g	1,94423g	2,01316g
Hmotnost polypropylénu	0,68167g	0,67138g	0,69492g
Procentuální podíl polypropylénových vláken	34,4 %	34,5 %	34,5 %

Tabulka 3: Procentuální podíl polypropylénových vláken v materiálu DUO

Procentuální podíl polypropylénových vláken v pletenině se je 34,4 – 34,5%.

6.4. Způsob vytvoření vodivé struktury – typ spoje

Pro realizaci vodivé dráhy za pomoci vodivé nitě technikou šití byly zvoleny dva druhy stehů a švů s ohledem na možnost využití při výrobě trika dle norem:

ČSN ISO 4915 - Textilie. Druhy stehů. Třídění a terminologie

Steh je nejjednodušším prvkem šití. Je to rovinný nebo prostorový útvar, vytvořený skupinou šicího materiálu v šitém materiálu, a to ručně nebo strojově. Opakováním stehů ve stejných odstupech vznikne řada stehů. Steh tedy vzniká provázáním nebo protažením nití od jednoho vpichu jehly k dalšímu, od kterého se proces provázání opakuje. [13] [11]

Druhy použitých stehů (třídy 500, 600) a švů (třídy 5.00.00 a 1.00.00)

Třída 500 obnitkovací stehy

Tento druh stehu je vytvářen strojově a patří mezi řetízkové stehy. Je charakterizován tím, že alespoň jedna ze skupin nití je vedena kolem okraje šitého materiálu a tím jej zajišťuje proti vypárání. Její smyčka je zajištěna buď předchozí smyčkou téže nitě u jednonitného – obnitkovacího stehu, nebo smyčkou protější nitě u dvounitkého a vícenitného obnitkovacího stehu. Obdobným způsobem může být vytvořen až čtyřnitný obnitkovací steh. [13] [11]

Třída 600 krycí stehy

Tento druh stehu je rovněž vícenitný řetízkový steh, který se tvoří na dvoujehlových a vícejehlových strojích. Jeho charakteristickým znakem je to, že po lící i rubové straně má vedenu krycí nit (oboustranně krycí stehy). To znamená, že je tvořen třemi skupinami nití. Smyčky první skupiny nití procházejí smyčkami třetí skupiny, která je již položena na povrchu šitého materiálu a potom šitým materiálem, kde se prováží se smyčkami druhé skupiny nití na spodní stranu šitého materiálu. Popsaným způsobem lze vytvořit až devítinitný steh. [13] [11]

ČSN ISO 4916:1991 Textilie. Druhy švů. Třídění a terminologie.

Šev je spojení dvou a více dílů oděvních materiálů šitím, lepením, svařováním, aj. Švy dělíme podle normy ISO 4916 do 8 tříd, které se liší charakteristickým položením spojovaného materiálu při zpracování oděvního materiálu, při zpracování oděvní součásti, dílce nebo montáži výrobku. Švy mohou být zhotoveny v jedné, ale i více operacích spojování. [14] [11]

Druhy použitých švů (třídy 1.00.00a 5.00.00)**Třída 1.00.00 hřbetové švy**

Tato třída švů je charakterizována tím, že dvě nebo více vrstev spojovaného materiálu se položí na sebe a spojí se jednou nebo několika řadami stehů, které se mohou vést buď v kraji stykových ploch šitého materiálu, nebo v libovolném místě. [14] [11]

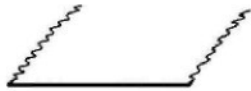
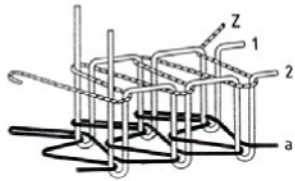
Třída 5.00.00 ozdobné šití

Pojmem „šití“ se zde míní řádky nebo skupiny stehů vytvořené na jedné vrstvě šitého materiálu ručně nebo strojově. Hlavním znakem této třídy je, že řádky stehů nebo jejich skupiny jsou položeny na šitém materiálu (obvykle v jedné vrstvě, pokud není třeba vyztužení) tak, že slouží k ozdobným účelům. [14] [11]

Vybrané typy stehů a švů byly zhotoveny pomocí přídavného zařízení na jednotlivých typech strojních zařízení.

Vodivá příze je aplikovaná do vodivé dráhy dvěma způsoby, a to:

1. viditelná vodivá příze na povrchu oděvu

Třída švu	Položení materiálu	Způsob prošití	Třída stehu a použitý stroj	Způsob provázání
5. 01. 01			602 Plochý interlokový šicí stroj	

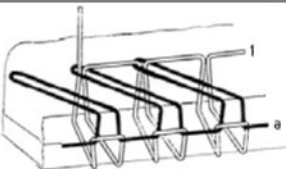
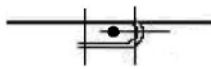
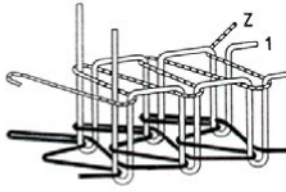
Tabulka 4: Rozkreslení švu

Pro vytvoření stehu je třeba použít speciální strojovou patku. Steh je možno použít pro ozdobné prošití v ploše, vodivá nit je viditelná na povrchu oděvu.



Obr.č. 19: Viditelná vodivá příze na povrchu oděvu

2. neviditelná vodivá příže na povrchu oděvu.

Třída švu	Položení materiálu	Způsob prošití	Třída stehu a použitý stroj	Způsob provázání
1. 01. 02			514 Obnitkovací šicí stroj s ořezem	
			602 Plochý interlokový šicí stroj	

Tabulka 5: Rozkreslení švu

Pro vytvoření stehu je třeba nejprve šev předešit na obnitkovacím stroji, kdy je zároveň vkládána vodivá příže. Poté je šev prošit za použití speciální strojové patky. Steh je možno použít pro prošívání švů, vodivá nit uschována ve švu.



Obr.č. 20: Neviditelná vodivá příže na povrchu oděvu

6.5. Popis experimentu v simulovaném potu

Experiment v simulovaném potu poukazuje na vzájemné působení a ovlivnění vodivých drah mezi sebou.

Složení potu

Pro laboratorní účely se dle normy ČSN EN ISO 105 - E04 (ČSN 80 0165) Textilie – Zkoušky stálobarevnosti v potu pot rozděluje do dvou skupin a to na pot alkalický a kyselý. Chemické roztoky obou těchto potů se poté stanoví takto:

Složení alkalického roztoku potu (čerstvě připravený, obsah na 1 liter):

- 0,5g L-Histidin monohydrochlorid 1-hydrát ($C_6H_9O_2N_3 \cdot HCl \cdot H_2O$),
- 5g chlorid sodný (NaCl),
volitelně
- 5g hydrogenfosforečnan disodný 12-hydrát ($Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$),
nebo
- 2,5g hydrogenfosforečnan disodný 2-hydrát ($Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$).

Roztok se upraví na pH 8.0 roztokem hydroxidu sodného 0,1 mol. [10]

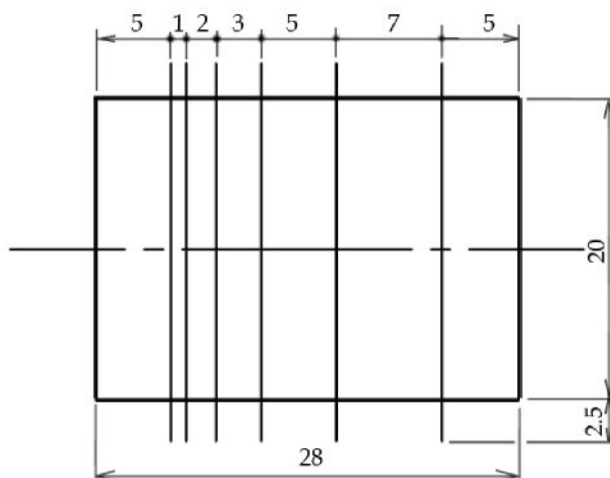
Složení kyselého roztoku potu (čerstvě připravený, obsah na 1 liter):

- 0,5g L-Histidin monohydrochlorid 1-hydrát ($C_6H_9O_2N_3 \cdot HCl \cdot H_2O$),
- 5g chlorid sodný (NaCl),
- 2,2g dihydrogen fosforečnan sodný 2-hydrát ($NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$).

Roztok se upraví na pH 8.0 roztokem hydroxidu sodného 0,1 mol. [10]

6.5.1. Příprava vzorku

Pro tuto část experimentu byl zhotoven vzorek o rozměrech 20cm na délku a 28cm na šířku. Na vzorku byly zhotoveny vodivé dráhy po celé délce vzorku v předem definovaných vzdálenostech přes celou šířku vzorku. Vzdálenosti vodivých drah byly nadefinovány na 1,2,3,5 a 7cm, první a poslední vodivá dráha je vzdálena od okraje textilie 5cm. Na počátku i na konci vodivé dráhy byl ponechány 2,5cm dlouhé konce vodivé příze pro usnadnění snímání odporu jednotlivých vodivých drah. Celkem bylo zhotoveno 12 vzorků pro jednotlivý druh potu 6 vzorků s dvěma druhy textilie a třemi druhy vodivé příze o rozdílné vodivosti.



Obr.č. 21: Nákres šablony na ušití vzorku

Příprava vzorku před zkouškou:

Připravené vzorky byly zváženy a poté položeny do stejně veliké skleněné misky a na jejich povrch bylo rovnoměrně naneseno 100ml potu, pro prvních 6 vzorků byl použit pot alkalický a pro dalších 6 vzorků pot kyselý. Vzorky se ponechaly ve skleněné misce na 10 minut stabilizovat, aby došlo k rovnoměrnému nasáknutí potu do textilie. Po uplynutí 10 minut byly vzorky ponechány na 1 minutu okapat od přebytků potu a to ve směru řádků i sloupců. Po okapání vzorků byly vzorky opět zváženy pro zjištění procentuálního nasáknutí potem. Procentuální nasáknutí u materiálu DUO se pohybovalo v rozmezí 400 +/- 20% a u materiálu ze 100% bavlny 300 +/- 20%.

Vzorky byly následně položeny na nevodivou mřížku a poté na nevodivou podložku. Z horní části byly vzorky zakryty folií, aby se zabránilo vysychání potu a nakonec byly zatíženy pro ještě rovnoměrnější rozmístění potu v textilií. Takto připravený vzorek byl připraven pro první měření.

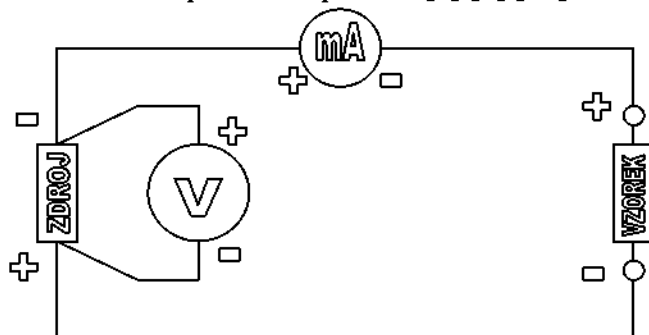
6.5.2. Realizace experimentu

Měření odporu bylo zjišťováno metodou Ohmovou. Jedná se o nepřímou metodu založenou na myšlence vyhledat rovnici, ve které se vyskytuje měřená neznámá veličina, změřit všechny ostatní neznámé a hledanou veličinu dopočítat z dané rovnice. V metodě je využito dvou měřících zařízení a to voltmetru a ampérmetru. Podle Ohmova zákona lze odpor zjistit změřením proudu a úbytku napětí na rezistoru dle vzorce:

$$R = U / I ,$$

kde R je zjišťovaný odpor, U je dodané napětí a I je měřený proud.

Tato metoda je metodou primitivní měřenou na stejnosměrné napětí, kde nedochází k ovlivňování výsledné hodnoty nejasným způsobem měření multmetrů u nelineárních odporů (kterými by mohla být měřená vlákna a vodivost mezi nimi). Metoda poskytuje dva možné způsoby zapojení jednotlivých měřících přístrojů pro konkrétní odpory (velké a malé) z hlediska eliminaci chyby měření. Způsoby se dělí podle velikosti měřeného odporu, pokud je měřen odpor velký, je vhodné použít zapojení znázorněné na obrázku č. 22. Otázka správného měření by byla nad rámec této diplomové práce, ale s touto metodou se domnívám, že měření proběhlo správně. [3] [6] [21]

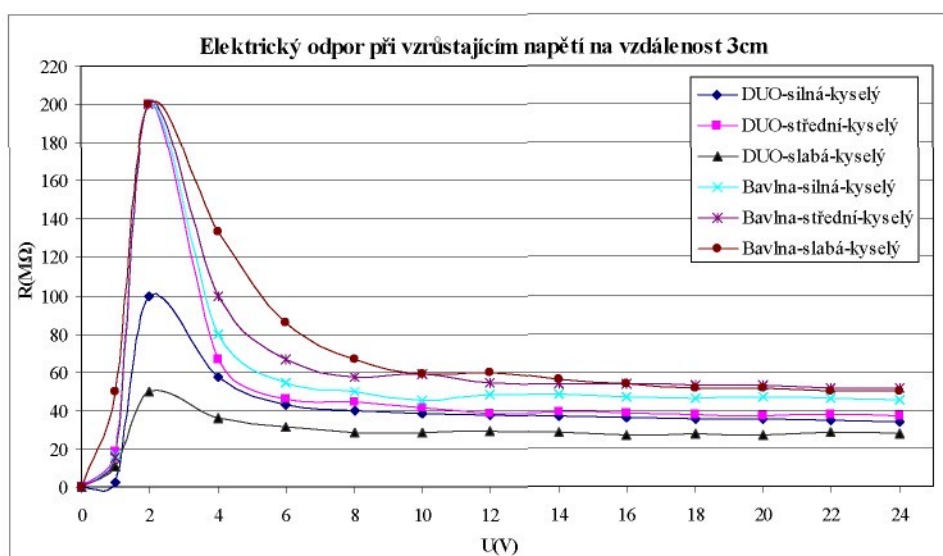


Obr.č. 22: Schéma zapojení měřících přístrojů při měření velkých odporů

U měření bylo využito známé stejnosměrné napětí z laboratorního zdroje a mezi jednotlivými vodivými drahami od sebe vzdálenými od 1 do 7 cm byl měřen odpovídající procházející proud za pomoci ampérmetru. Ze získaných dat byl následně vypočten odpor.

Zajištěním stálého přichozícího napětí, bylo možné stanovit odpor odpovídající danému napětí u všech měření a eliminaci možných chyb. Metoda ukázala závislost odporu na vzrůstajícím napětí, která je zobrazena v grafech uvedených v příloze č.5. a č.6..

Po zpracování naměřených dat byla data zaznamenána do grafů o průběhu křivky zobrazené na následujícím obrázku č. 23., který zobrazuje jeden z grafů obsažených v příloze č. 5. a č. 6. Graf zobrazuje elektrický odpor jednotlivých nití a materiálů měřený v kyselém potu na vzdálenost vodivých drah 3cm od sebe.

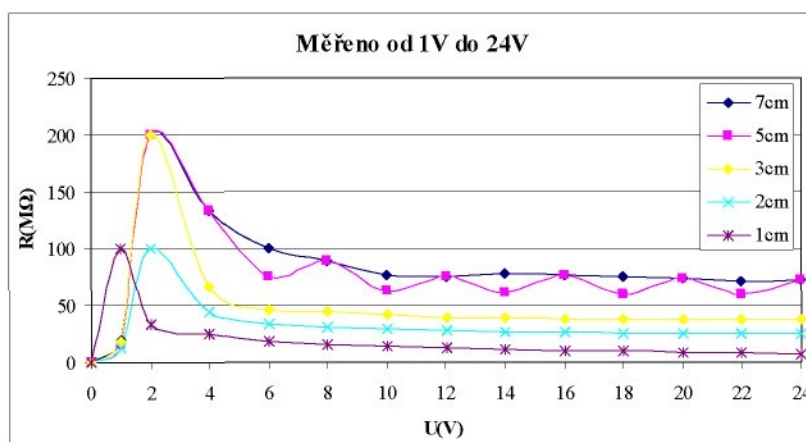


Obr.č. 23: Zobrazení závislosti odporu a vzrůstajícího napětí

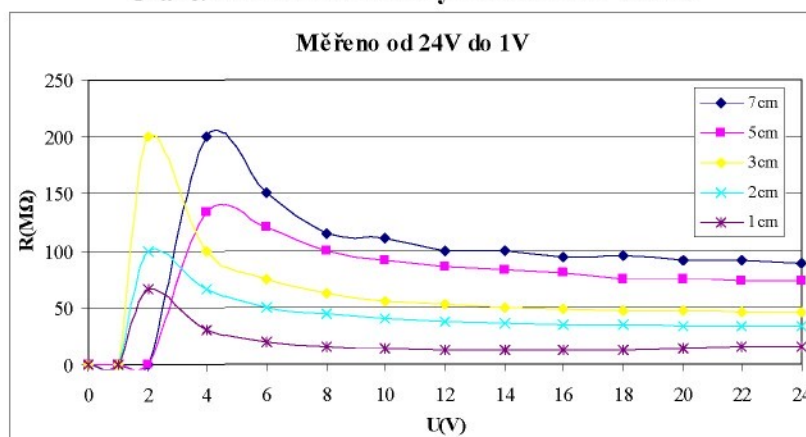
V rozmezí zhruba od 1V do 6V je elektrický odpor velice nestabilní s rychlým a vysokým nárůstem a následným poklesem. Tato anomálie může mít různá zapříčinění, jedním z vysvětlení může být nepřesnost měření. Jako další by mohl být nárůst vodivosti volnými elektrony v roztoku potu.

U všech vzorků bylo během měření postupně navyšováno napětí od 1V do 24V. Při vyšších napětích probíhala v textilií elektrolyza potu a to mohlo způsobit negativní ovlivnění výsledků měření. V jednom případě bylo provedeno měření opačným postupem, při kterém bylo napětí snižováno od 24V do 1V. Toto měření bylo provedeno v kyselém potu na funkční materiál DUO, vyrobený ze 100% bavlny a 100% polypropylénu s vodivou dráhou vytvořenou střední nití, tj. nití VN 12/2x275/175 S.

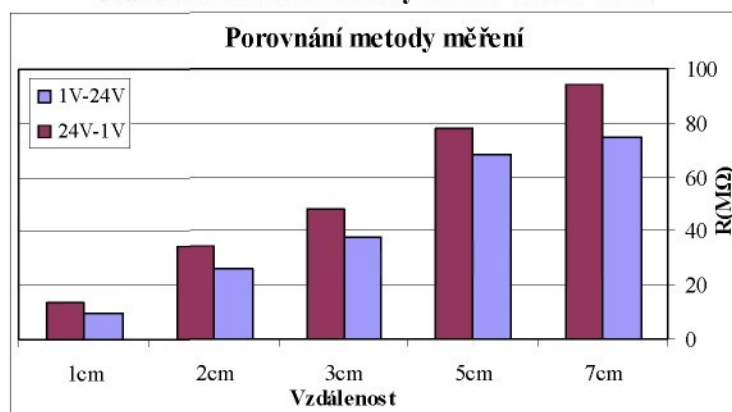
Výsledky měření byly porovnány a zobrazeny v grafech č. 7. a č. 8., Měření se od sebe odlišují, ale anomálie vysokého nárůstu a následného poklesu v rozmezí 1V zhruba do 6V zůstává nezměněna.



Graf č. 1: Zobrazení metody měření od 1V do 24V



Graf č. 2: Zobrazení metody měření od 24V do 1V



Graf č. 3: Porovnání výsledků měření metodou od 1V do 24V a metodou od 24V do 1V

Měřený odpor metodou od 1V do 24V vykazoval vyšší hodnoty při nižších napětích, tato metoda vedla k intenzivnější elektrolyze. Procházející proud tedy ovlivňuje výsledky měření, a proto pro další měření jsou zpracovávány průměrné hodnoty od 12V do 24V, kde tato hodnota je u obou metod měření již stabilizovaná.

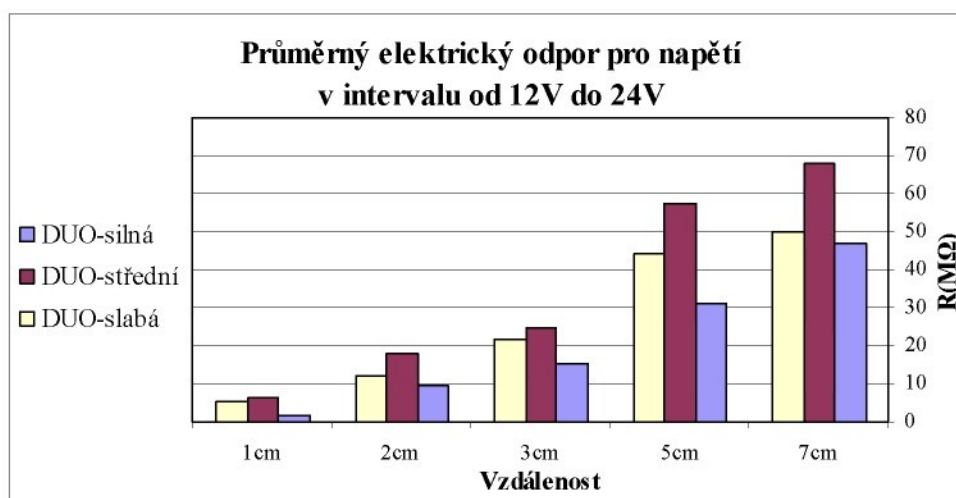
6.5.3. Naměřená data v alkalickém potu

První textilie zvolená pro experiment v alkalickém potu je materiál **DUO** složený ze 100% bavlny a 100% polypropylénu. Vodivá příze použitá na vzorcích je:

Slabá: VN 12/1x275/100 Z (100% ocelová vlákna)

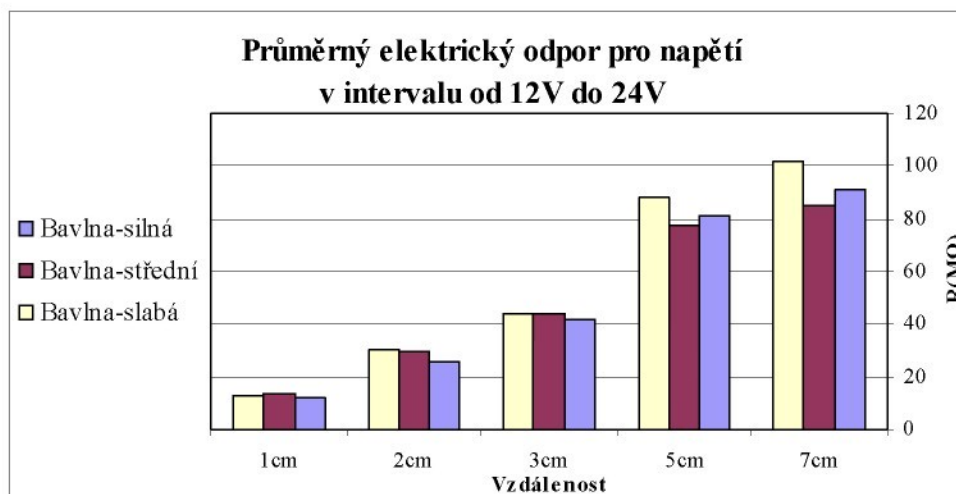
Střední: VN 12/2x275/175 S (100% ocelová vlákna)

Silná: VN 12/6x275/120 S (100% ocelová vlákna).



Graf č. 4: Velikost elektrického odporu pro jednotlivá měření na materiálu DUO v alkalickém potu

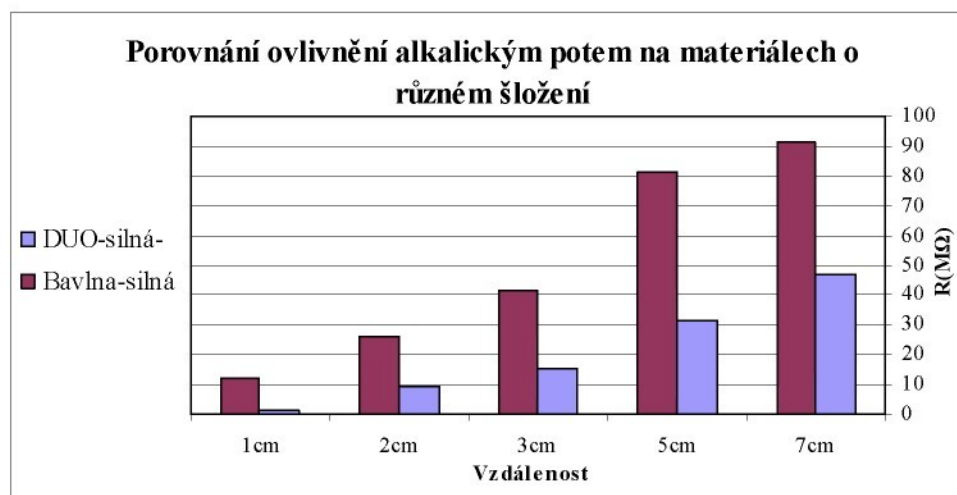
Druhá textilie zvolená pro experiment v alkalickém potu je materiál ze 100% bavlny - **Bavlna**.



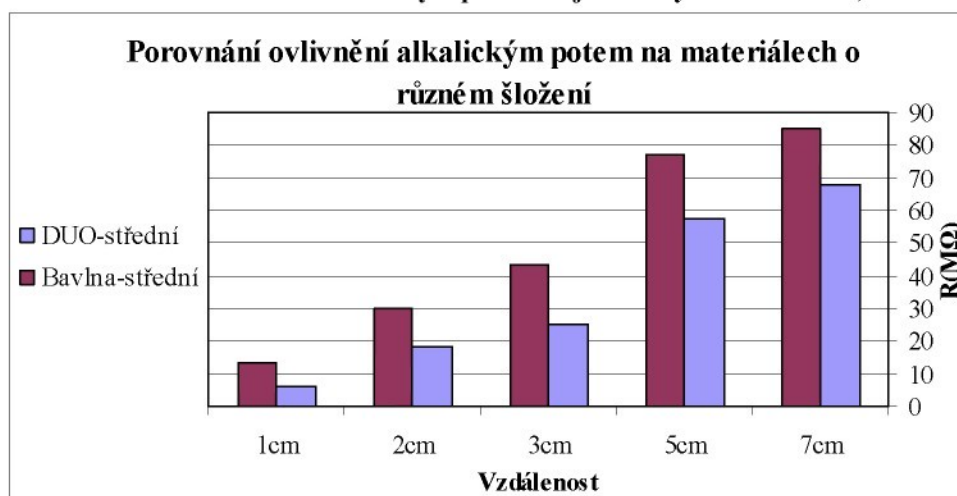
Graf č. 5: Velikost elektrického odporu pro jednotlivá měření na materiálu ze 100% bavlny v alkalickém potu

Velikost odporu je měřena na vzdálenost 20cm.

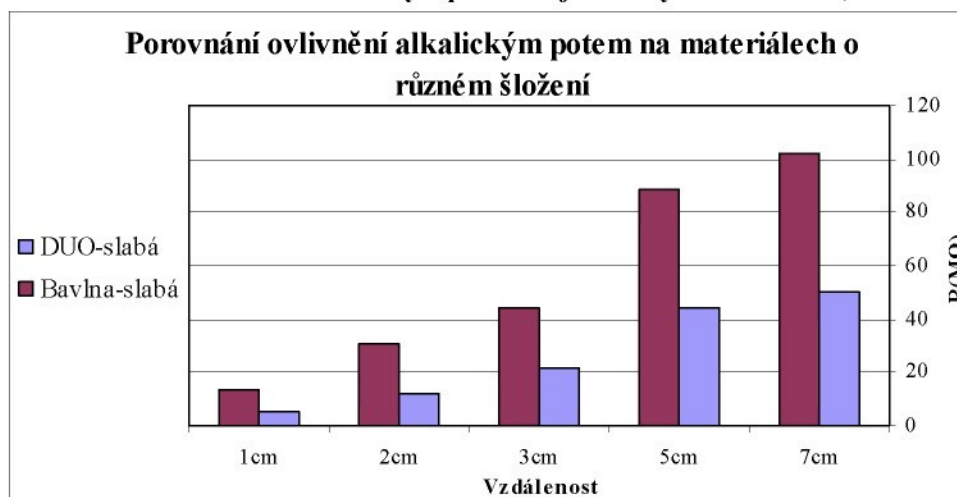
Následující grafy zobrazují porovnání působení alkalického potu na jednotlivých materiálech o různém složení a při použití rozdílné vodivosti přízí.



Graf č. 6: Porovnání ovlivnění alkalickým potem na jednotlivých materiálech, silná nit



Graf č. 7: Porovnání ovlivnění alkalickým potem na jednotlivých materiálech, střední nit

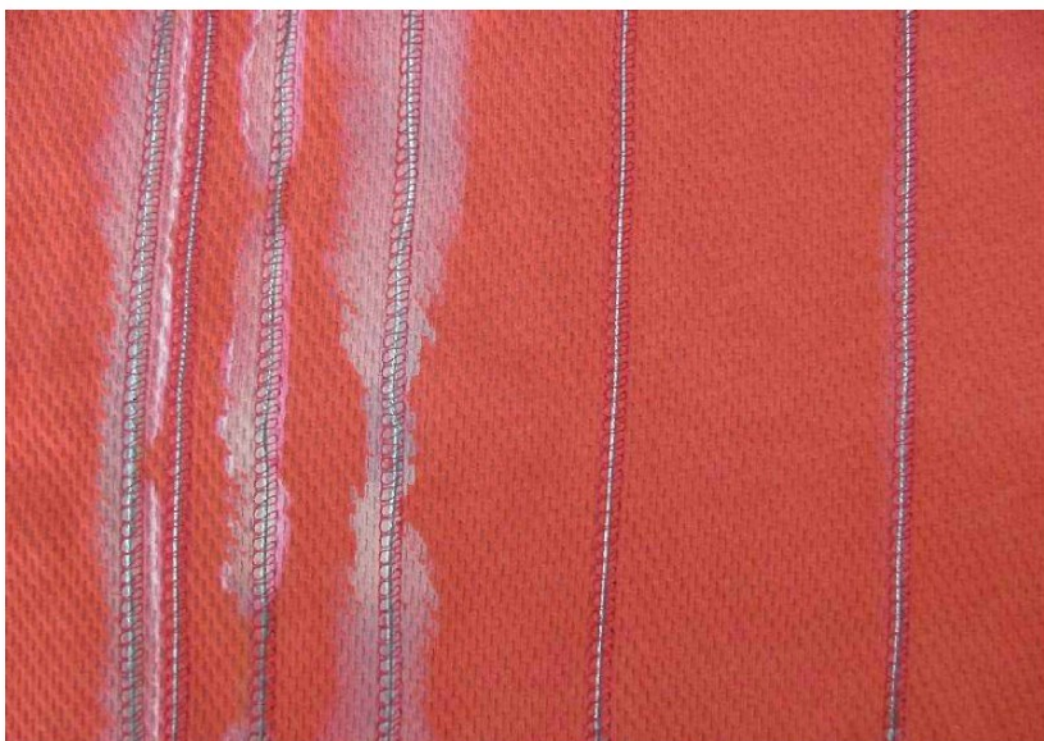


Graf č. 8: Porovnání ovlivnění alkalickým potem na jednotlivých materiálech, slabá nit

Z výsledků měření v alkalickém potu vyplívá, že se vzrůstající vzdáleností mezi jednotlivými vodivými drahami vzrůstá i odpor vůči vedení proudu.

Elektrický odpor na 100% bavlněném materiálu je u všech použitých vodivých přízí vyšší než elektrický odpor vodivých přízí našitých na materiálu DUO.

Při vyšších napětích vznikala u nejsilnější nitě v blízkosti 1-3cm elektrolýza, která ovlivňovala měření. Při vzniku elektrolýzy docházelo ke zvyšování elektrického odporu. Na obrázku č.24 je zobrazen vzorek poškozený elektrolýzou, na vzorku je použita jako nosná textilie pletenina DUO vytvořená ze 100% polypropylénu a 100% bavlny a jako vodivá příze je použita příze silná - VN 12/6x275/120 S. Na vzdálenosti vodivých drah od sebe 1 cm je patrné nejvyšší intenzity odbarvení pleteniny, na vzdálenosti 3cm vodivých drah od sebe je odbarvení méně intenzivní, ale ve větším rozsahu.



Obr.č. 24: Vzorek poškozený elektrolýzou alkalického potu

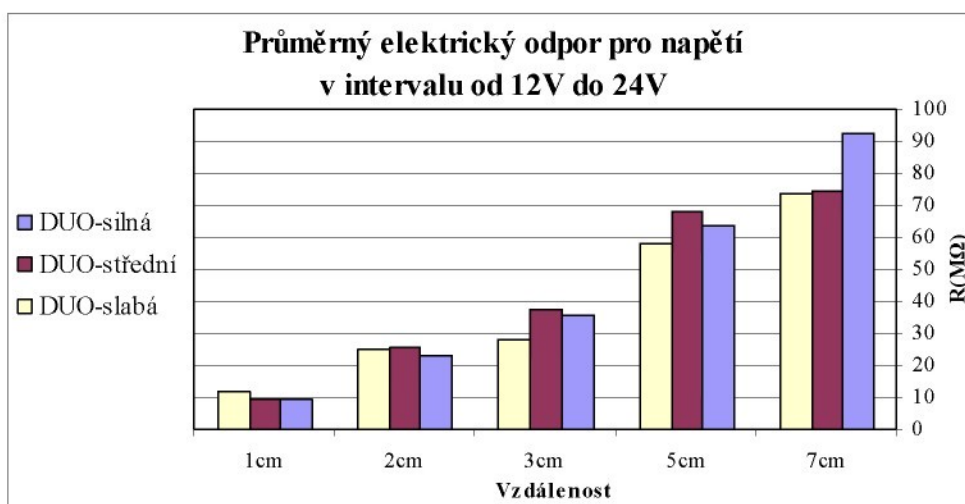
6.5.4. Naměřená data v kyselém potu

První textilie zvolená pro experiment v kyselém potu je materiál **DUO** složený ze 100% bavlny a 100% polypropylénu. Vodivá příze použitá na vzorcích je:

Slabá: VN 12/1x275/100 Z (100% ocelová vlákna)

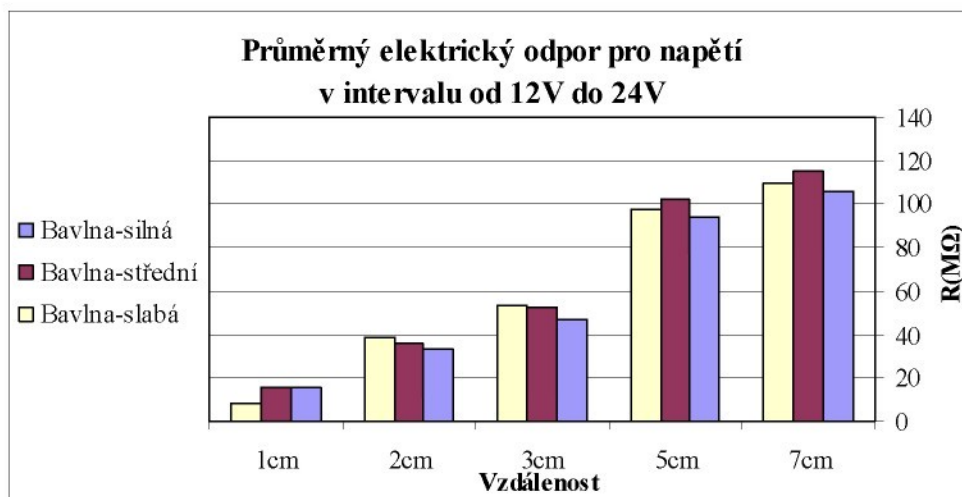
Střední: VN 12/2x275/175 S (100% ocelová vlákna)

Silná: VN 12/6x275/120 S (100% ocelová vlákna).



Graf č. 9: Velikost elektrického odporu pro jednotlivá měření na materiálu DUO v kyselém potu

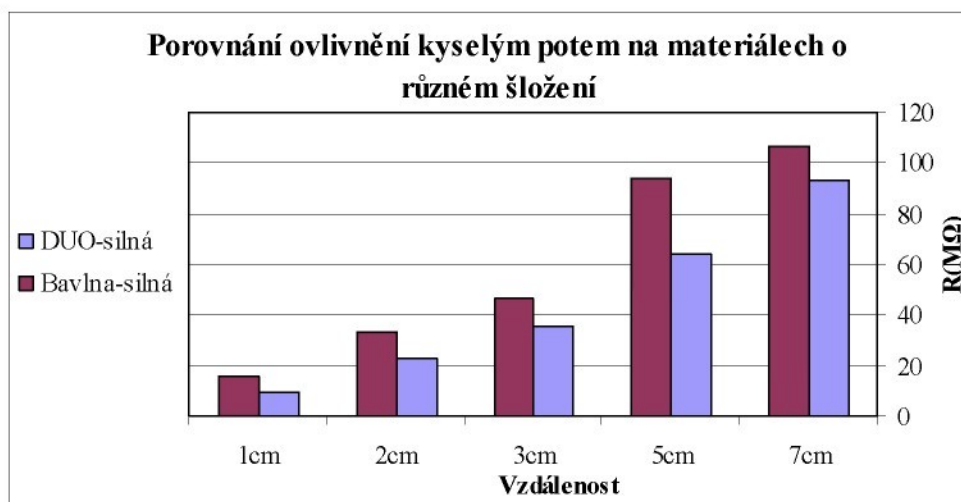
Druhá textilie zvolená pro experiment v kyselém potu je materiál ze 100% bavlny - **Bavlna**.



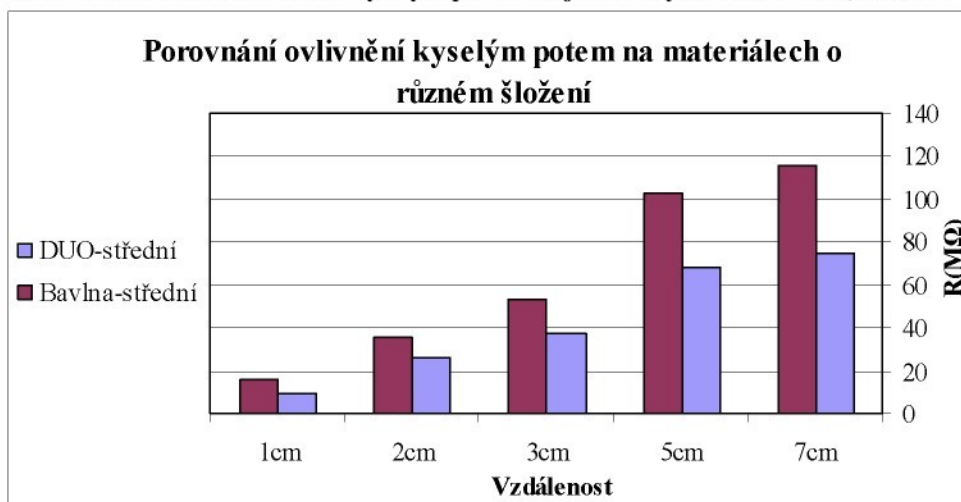
Graf č. 10: Velikost elektrického odporu pro jednotlivá měření na materiálu DUO v alkalickém potu

Velikost odporu je měřena na vzdálenost 20cm.

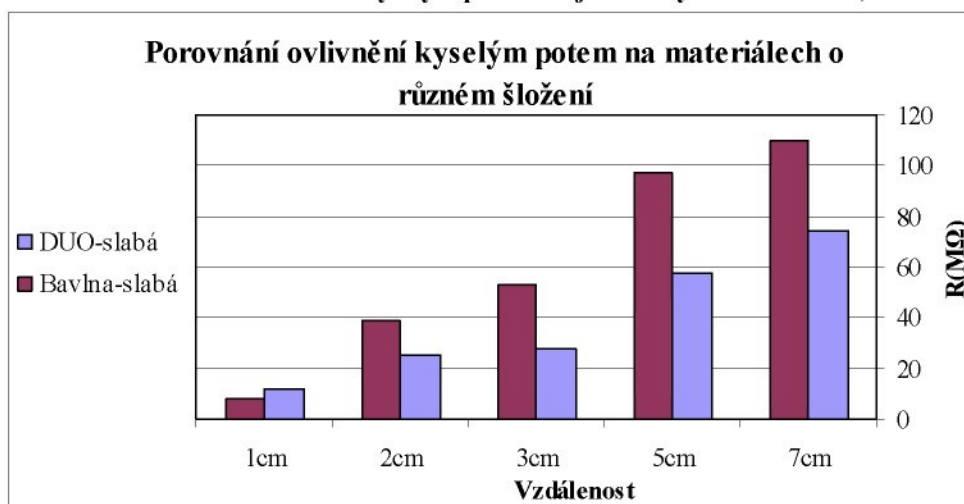
Následující grafy zobrazují porovnání působení kyselého potu na jednotlivých materiálech o různém složení.



Graf č. 11: Porovnání ovlivnění kyselým potem na jednotlivých materiálech, nit silná



Graf č. 12: Porovnání ovlivnění kyselým potem na jednotlivých materiálech, nit střední



Graf č. 13: Porovnání ovlivnění kyselým potem na jednotlivých materiálech, nit slabá

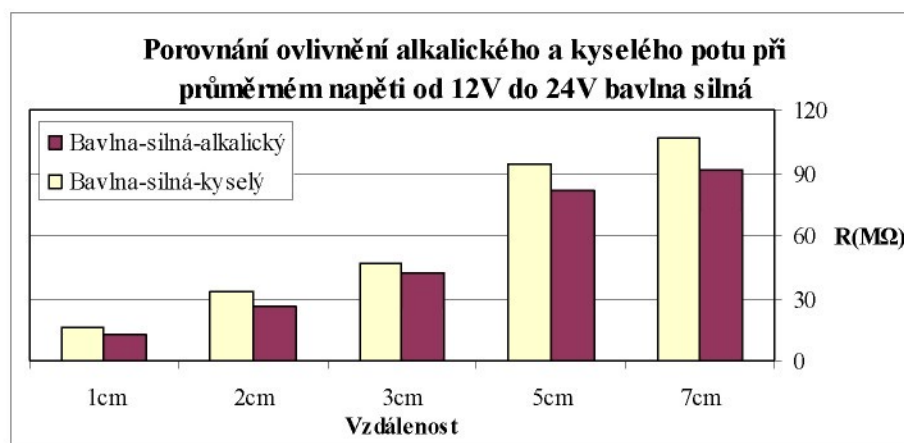
Naměřená data v kyselém potu jsou obdobná jako u potu alkalického. Se vzrůstající vzdáleností vodivých drah roste i odpor vůči vedení elektrického proudu.

Elektrický odpor na 100% bavlněném materiálu je u všech použitých vodivých přízí vyšší než elektrický odpor vodivých přízí našitých na materiálu DUO. Rozdílnost však není v takové míře jako u naměřených dat v alkalickém potu.

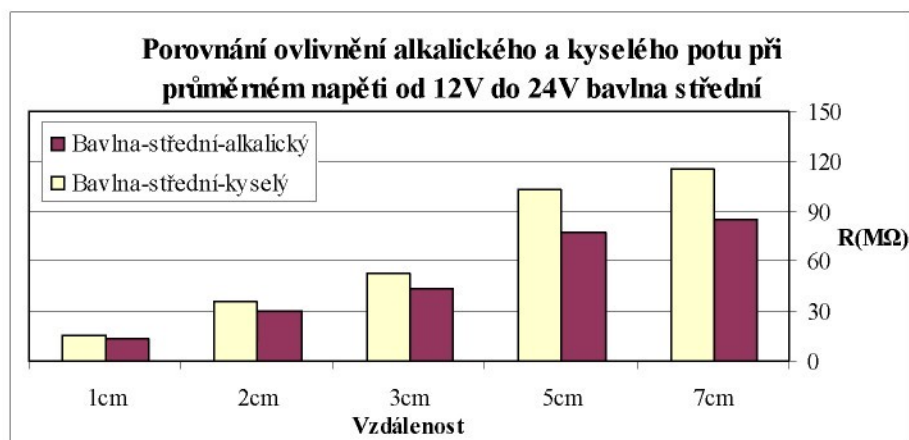
Při vyšších napětích též docházelo k elektrolyze, ale v mnohem menším rozsahu.

6.5.5. Porovnání působení potu alkalického a kyselého na jednotlivých materiálech

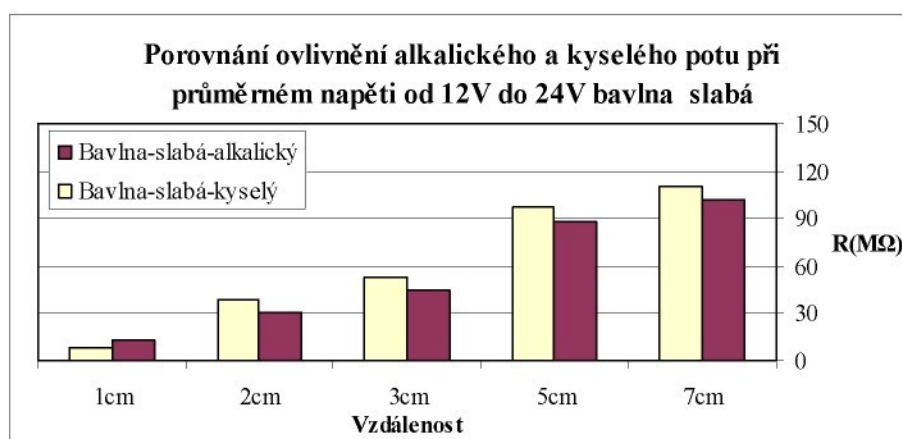
Následující grafy zobrazují porovnání působení kyselého a alkalického potu na materiálu ze 100% bavlny.



Graf č. 14: Porovnání ovlivnění alkalického a kyselého potu na materiál ze 100% bavlny

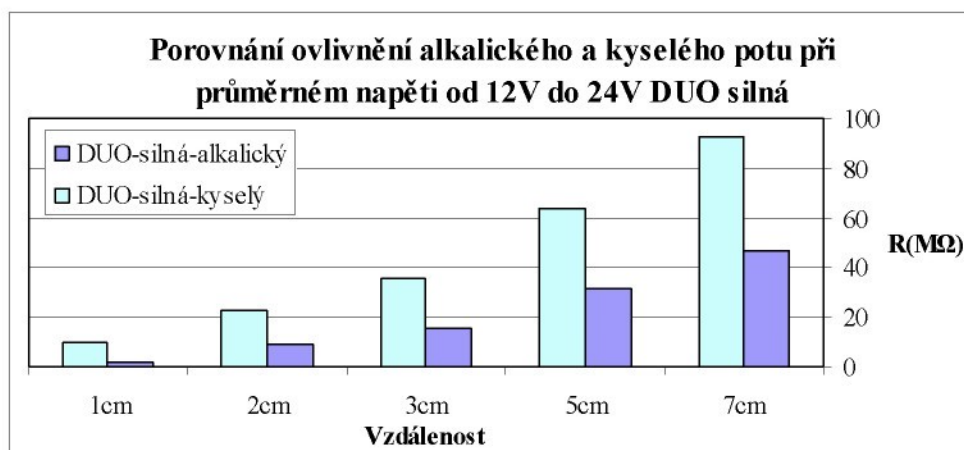


Graf č. 15: Porovnání ovlivnění alkalického a kyselého potu na materiál ze 100% bavlny

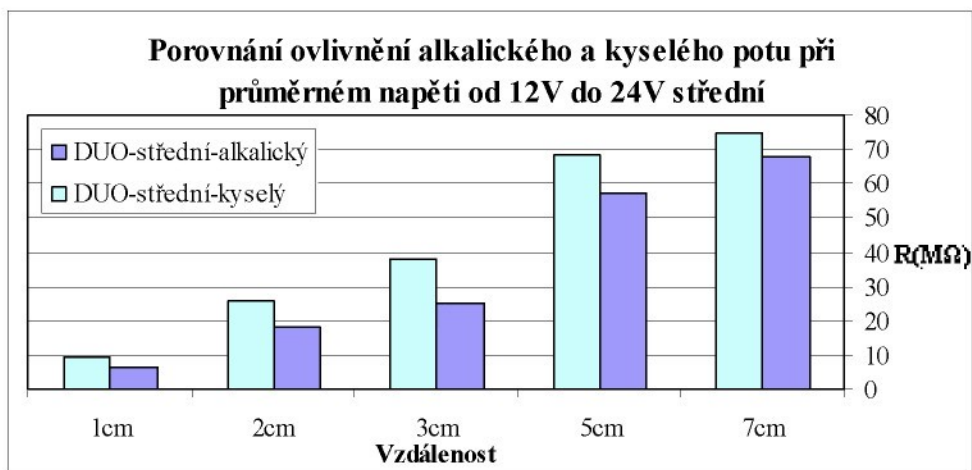


Graf č. 16: Porovnání ovlivnění alkalického a kyselého potu na materiál ze 100% bavlny

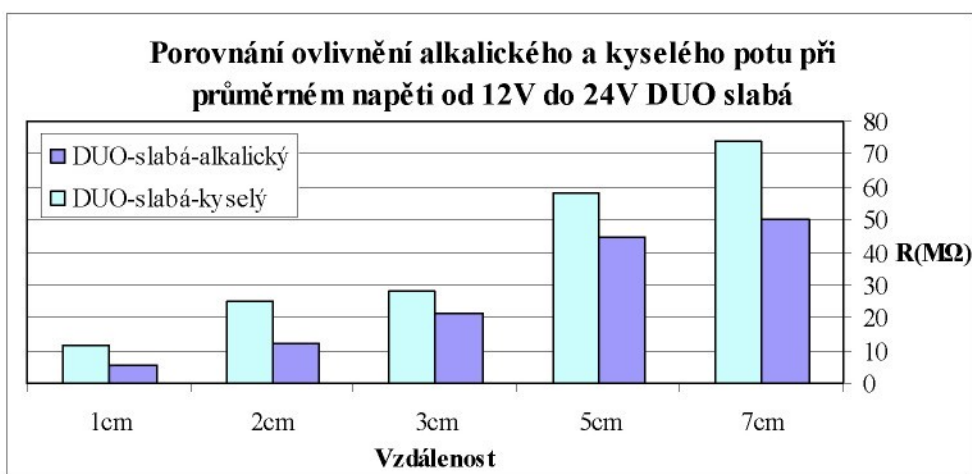
Následující grafy zobrazují porovnání působení kyselého a alkalického potu na materiálu DUO ze 100% polypropylénu a 100% bavlny.



Graf č. 17: Porovnání ovlivnění alkalického a kyselého potu na materiál DUO



Graf č. 18: Porovnání ovlivnění alkalického a kyselého potu na materiál DUO



Graf č. 19: Porovnání ovlivnění alkalického a kyselého potu na materiál DUO

Z porovnání ovlivnění vodivost za působení alkalického a kyselého potu je patrné, že pot alkalický vykazuje u obou nosných textilií menší odpory než pot kyselý.

U nosné textilie z funkčního materiálu DUO je ovlivnění ve větším rozsahu oproti nosné textilie ze 100% bavlny.

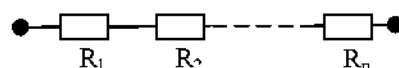
6.5.6. Závěr experimentu v simulovaném potu

Z naměřených dat je možno vyčíst několik možností ovlivnění vodivostních a trvanlivostních charakteristik vodivých struktur.

Jedna z možností ovlivnění vodivosti může být závislost rostoucího odporu se vzrůstající vzdáleností jednotlivých vodivých drah. Tento jev má logické opodstatnění, pokud měřím odpor mezi větší vzdáleností, odpor by měl s touto vzdáleností úměrně stoupat. Pro lepší vizualizaci rozložení odporů mezi jednotlivými vodivými drahami umístěnými v roztoku potu můžeme vycházet z výpočtů u zapojení rezistorů. Rezistor je pasivní elektrotechnická součástka projevující se v elektrickém obvodu v ideálním případě jedinou vlastností a to elektrickým odporem. Rezistor je tedy možno považovat za relativní „odpor“ (pod tímto názvem se v minulosti i uváděl).

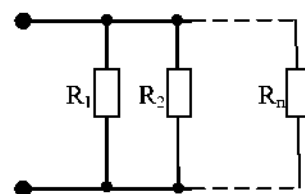
Při sériovém řazení teče všemi rezistory stejný proud a napětí se rozloží na každý rezistor podle Ohmova zákona. Celkový odpor R_c je tady dán součtem jednotlivých odporů.

$$R_c = R_1 + R_2 + \dots R_n$$



Při paralelním řazení je na všech rezistorech stejné napětí a proud se dělí podle Ohmova zákona. Celkový odpor R_c je dán součtem vodivosti tedy převrácených hodnot jednotlivých odporů ($1/R$).

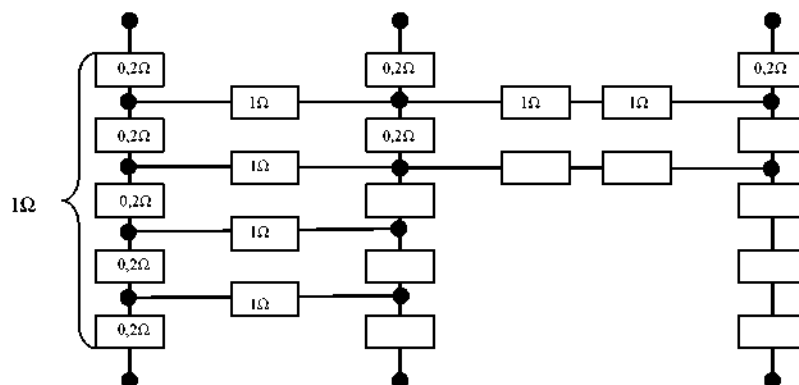
$$R_c = (R_1 * R_2 * \dots R_n) / R_1 + R_2 + \dots R_n$$



Pro výpočet kombinace sériového a paralelního řazení použijeme oba předchozí vztahy.

Pokud si představím situaci měření potu v konkrétním případě, použijí právě kombinaci paralelního a sériového zapojení. Odpor jednotlivých vodivých drah můžeme považovat za sériově řazené rezistory a odpor mezi jednotlivými vodivými drahami je možno považovat za paralelní zapojení mezi vodivými drahami.

Příkladné (pouze však částečné) schéma je zobrazeno na obr.č.24, z něhož vyplívá, že s dvojnásobnou vzdáleností by se odpor měl téměř dvojnásobně zvyšovat.



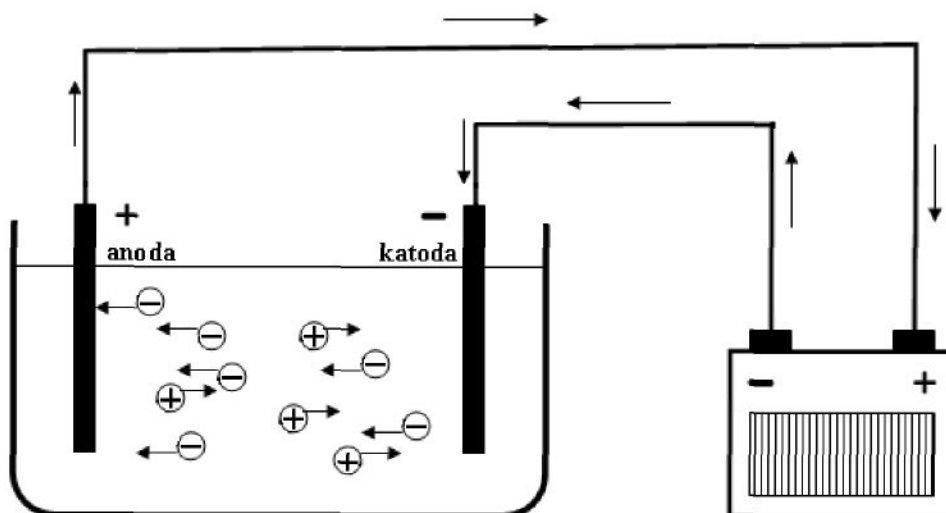
Obr.č. 25: Schéma možného výpočtu odporu

Při měření odporu mezi jednotlivými vodičnými dráhami se projevila nejenom závislost ve vzdálenosti vodičných drah, ale i na rozdílném složení materiálů a různém složení potu.

Při použití materiálů o rozdílném složení vláken a to materiálu ze 100% bavlny a materiálu používaného na funkční prádlo DUO, s licií stranou vyrobenou ze 100% bavlny a s rubní stranou vyrobenou ze 100% polypropylénu je možno sledovat změny vodivostních charakteristik při působení potu. Grafy č.7. až č.16. zobrazují rozdílnost měření na jednotlivých materiálech o různém složení. Na bavlněném materiálu byl odpor naměřen vyšší a to jak v alkalickém tak kyselém potu, naopak funkční materiál vykazoval mnohem menší odpor, tudíž i větší vodivost.

Tato závislost může být způsobena právě použitým materiálem a jeho navlhavostí, případně sorpcí potu do vlákna. Bavlna je přírodní rostlinné vlákno a její navlhavost se pohybuje okolo 7,5%, kdežto polypropylén je vlákno syntetické známé právě pro svou nízkou navlhavost a to pouze 0 - 0.005%. Bavlněný materiál v silných alkáliích bobtná a toto bobtnání se využívá při merceraci bavlny pro zlepšení jejich vlastností v pevnosti, lesku, ale i pro ještě větší sorpci. Při působení alkalického potu dochází v částečné míře k bobtnání bavlněných vláken a tím i k většímu ovlivnění vodivosti vzhledem k obsahu potu v nosné textilií.

Použití potů o různém složení zapříčinilo rozdílnosti v měření. Roztok potu je chemická sloučenina nazývaná elektrolytem, která vede elektrický proud. Vedení elektrického proudu je v elektrolytu zprostředkovávají ionty, které při průchodu stejnosměrného proudu na elektrodách uskutečňují elektrochemické děje neboli elektrolýzu. Při elektrolýze se nejprve ionty začnou pohybovat směrem k opačně nabitým elektrodám. Dochází k uspořádanému pohybu elektricky nabitých částic – iontů, a roztokem potu poté prochází proud. Kladně nabitá elektroda anoda k sobě přitahuje záporně nabitě částice a probíhá na ni oxidace. Záporně nabitá elektroda, katoda k sobě přitahuje kladně nabitě částice a uskutečňuje se redukce. Pokud je vodič vystaven působení redukčních látek, dochází k oxidaci a naopak. Touto změnou dojde ke změně elektronového potenciálu a tím i ke změně elektrické vodivosti.

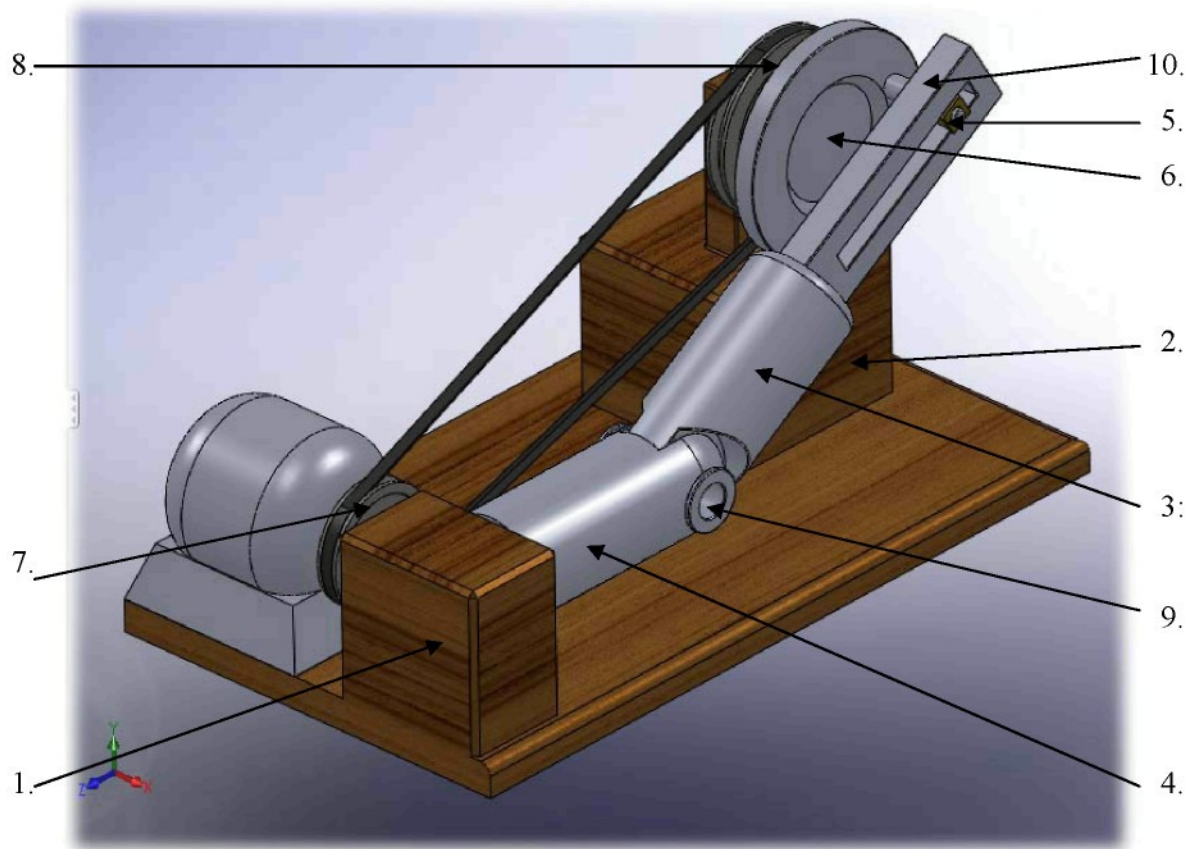


Obr.č. 26: Mechanismus elektrolýzy

Při měření vodivosti v alkalickém potu a v malé míře i v kyselém potu na přízi s největší vodivostí, při napětích vyšších jak 12V a na vzdálenost 1 až 3cm docházelo k elektrolýze vody a soli v roztoku potu. Při elektrolýze docházelo ke snížení vodivosti, čímž odpor začal stoupat. Působením vyššího napětí než 12V docházelo k poškození vybarvení pleteniny a tím i jejího znehodnocení. Tohoto efektu by se však dalo využít například při netradiční formě odbarvování textilií - batikování.

6.6. Popis experimentu namáhání na několikanásobný ohyb

Pro simulaci namáhání vodivé struktury na ohyb byly uvažovány dva přípravky. První přípravek simuluje reálné namáhání na ohyb v lokti a to jak z vnější, tak vnitřní strany.

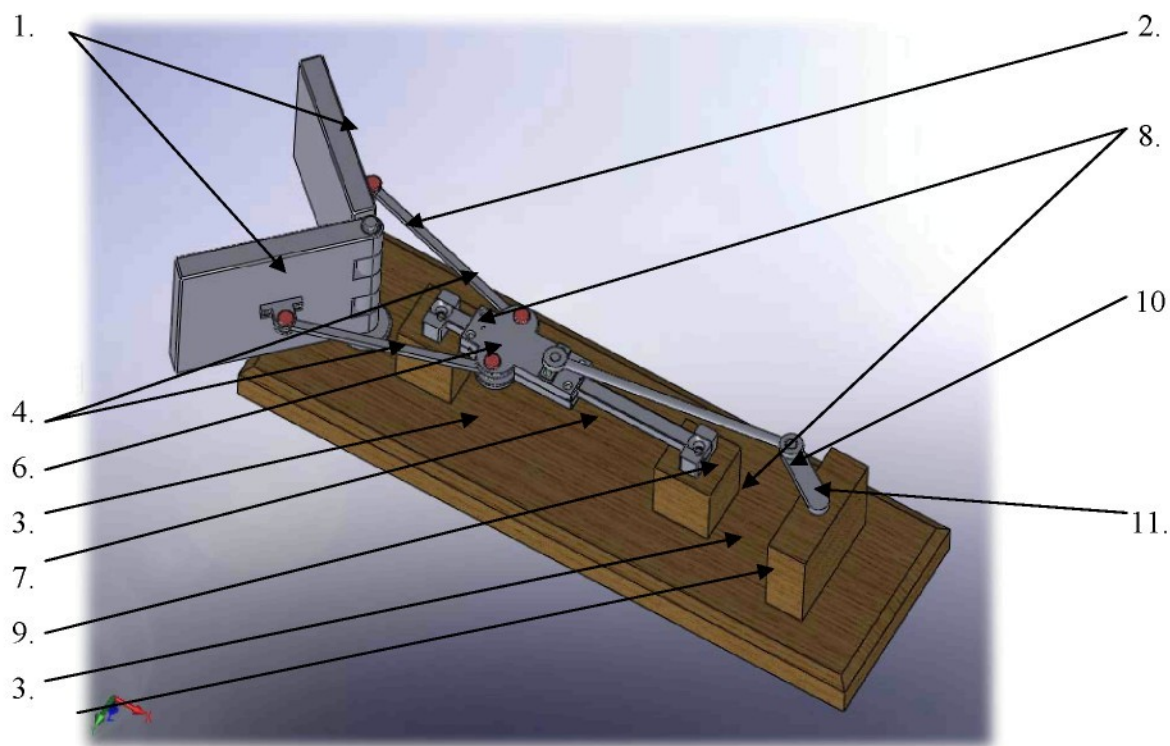


Obr.č. 27: Náskres prvního přípravku

<u>Soupis dílů:</u>	<u>Pracnost vyrobení (Nh)</u>
1. Patka desky malá	3
2. Patka desky velká	6
3. Díl 1	7
4. Díl 2	4
5. Kulisa	3
6. Excentr	7
7. Řemenice malá	2,5
8. Řemenice velká	2,5
9. Čep	1
10. Čep excentru	1

Celková pracnost přípravku bez základny a bez montáže je odhadem stanovena na 37Nh.

Druhý přípravek simuluje namáhání pouze z vnitřní strany lokte. Je vytvořen kleštinami, které se svírají a tím simulují ohyb textilie, jednoduchou přestavbou by však mohlo být zajištěno rozevírajícího pohybu kleštin.



Obr.č. 28: Náčrtek druhého přípravku

<u>Soupis dílů:</u>	<u>Pracnost výrobení (Nh)</u>
1. Desky 2ks	5
2. Čep	0,75
3. Patka 2ks	4
4. Rameno 2ks	3,5
5. Čep 4ks	2,25
6. Jezdec 2ks	8
7. Patka	1,5
8. Konzole 2ks	2,5
9. Vedení	1,5
10. Rameno	2,5
11. Klika	2

Celková pracnost přípravku bez základny a bez montáže je odhadem stanovena na 33,5Nh.

Oba přípravky navržené pro experiment byly dle možností přepracovány v jeden a vyrobeny z dostupného materiálu. Výsledný přípravek simulující ohyb v oblasti lokte se odlišuje převážně v návrhu tuhého mechanismu, jež vydrží delší výzkum. Přípravek zobrazený na obrázku č.25 testuje vodivou dráhu vytvořenou na vzorku reálným vícenásobným ohybem. Přípravek simuluje část paže s ohebným kloubem.



Obr.č. 29: Vytvořený přípravek s již připraveným vzorkem

Celý mechanismus je ukotven na základně o rozměrech 40 x 30cm. Z váhového hlediska se jedná o sololitovou desku, která v původním plánu měla mít duralový profil. Samotný mechanismus byl vyroben z běžné oceli, pro svoji nenáročnou obrobiteľnost a možnou dostupnost. Jako hnací ústrojí slouží klička poháněná lidskou silou, která by mohla být nahrazena např. elektromotorem o vhodných otáčkách.

Samotný popis mechanismu byl rozdělen do dvou částí:

První část zahrnuje „Kloubový spoj“ na němž je prováděno samotné měření. Spoj se skládá ze dvou vzájemně spojených válců. První z válců je z jedné strany ukotven k nosné konzoly upevněné na základně. Druhá strana prvního z válců je ofrézována, tak aby plynule navazovala na druhý válec a přitom byl zajištěn ohyb až 120°. Druhý z válců má ofrézování opačného konce, tak aby navazovalo na druhou část prvního válce přípravku. Tento pohyblivý spoj válců je potažen tkaninou, která zabraňuje proseknutí námi zkoumané tkaniny samotným přípravkem v kloubovém spoji. V původní koncepci byla navržena tenkostěnná pryž pro lepší imitaci povrchu kůže.(příkladem by mohla být duše z jízdního kola apod.)

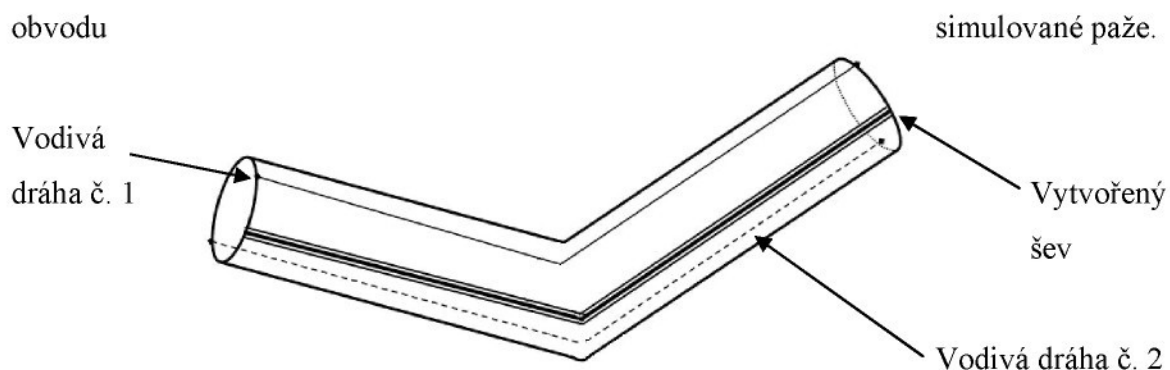
Druhá část zahrnuje „Převodník pohybu“ skládající se z vodící drážky, v níž se pohybuje táhlem od excentru jezdec. Na tento jezdec vyrobený z mosazi je na volně uloženém čepu napojeno vertikálně se pohybující rameno, které zajišťuje pohyb kloubového spoje v plném jeho rozsahu až do 120°. Otáčení excentru je prozatímne zajištěno klíčkou ovládanou lidskou silou. Původním plánem bylo na přípravek připojit vhodný motor, který by jím otáčel a tím by bylo možné zajistit mnohem více cyklů namáhání a možnost regulace rychlosti otáčení.

K usnadnění měření a sledování počtu cyklů bylo původně v prostoru táhla nebo ramena zamýšleno umístit počítadlo.

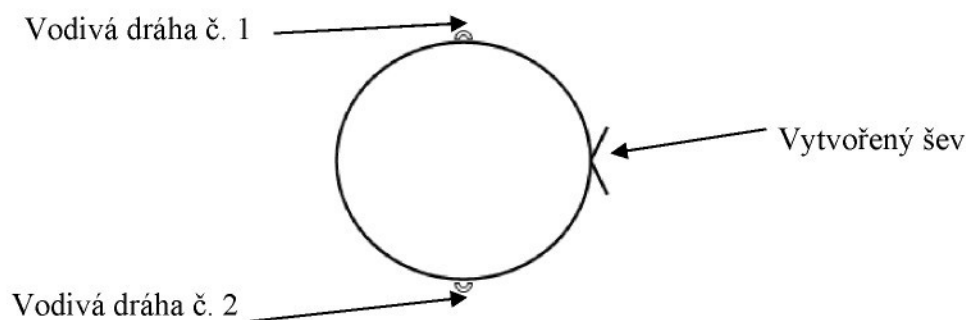
6.6.1. Příprava experimentu

Velikost vzorku – Velikost vzorku je odvozena od pohyblivého kloubu přípravku simulujícího lidskou paži. Vzorek je vytvořen o rozměru:

Na vzorku jsou našity dvě vodivé dráhy jedna vně ohybu simulovaného lokte a druhá uvnitř ohybu simulovaného lokte. Vytvořený vzorek je poté sešit do trubice odpovídající obvodu



Obr.č. 30: Schéma vytvořeného vzorku



Obr.č. 31: Schéma vytvořeného vzorku v řezu

Počet cyklů – cykly vytvářené přípravkem byly odvozovány od použití trika. Pokud by triko bylo určeno pro horolezce, který by absolvoval túru kopcovitým terénem za pomoci turistických holí zhruba o délce 10km, dalo by se odvodit, že zhruba na vzdálenost 1m udělá 2 kroky. Při každých kroku udělá chodec pohyb rukou směrem kupředu. Pokud se tedy zaměříme pouze na jednu ruku, tak 1m by se poté rovnal zhruba jednomu ohybu v lokti. Na jednom kilometru by pak těchto ohybů chodec provedl celkem 1 000 a na celkové túře by pak odhadem chodec ruku v lokti ohnul v přepočtu asi tak 10.000krát.

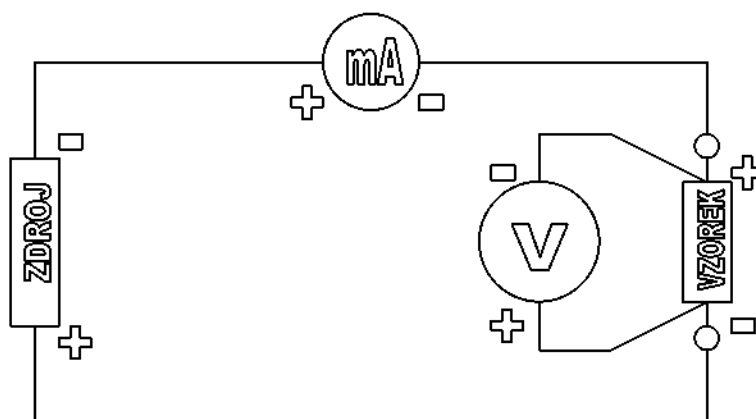
Úhel ohýbání – tento parametr je celkem důležitý pro určení opotřebení během užívání oděvního výrobku. Při malém úhlu dochází k mnohem menšímu namáhání a naopak. Opotřebení je dáno hromaděním textile v místě ohýbání lokte a její častým stlačováním. Je tedy možné odhadnout úhel ohýbání lokte pokud se opět zaměříme na horolezce absolvující výšlap za pomoci turistických holí a budeme sledovat jeho pohyb paží při chůzi. Úhel by se dal zhruba odhadnout v rozmezí 60° - 120° . Tento úhel může být velmi proměnlivý parametr, záleží zde na mnoha faktorech a těmi mohou například být svahovitost terénu, zda se jedná o chůzi z kopce či do kopce a dalším faktorem je též délka holí a sklon terénu. Pro experiment byl tedy zvolen rozsah úhlů 60° až 120° .



Obr.č. 32: Nákres horolezce

6.6.2. Realizace experimentu

Na vytvořených vzorcích byl na obou vodivých drahách změřen elektrický odpor a zaznamenán. Pro upřesnění měření byla též využita metoda Ohmova pro měření odporu. Zapojení zde bylo však jiné, jelikož u tohoto experimentu je měřen malý odpor bylo využito následující zapojení zobrazené na obrázku č. 30. Toto zapojení eliminuje možné výskytu chyb při měření odporu.



Obr.č. 33: Schéma zapojení měřících přístrojů při měření malého odporu

Realizace experimentu probíhala na vytvořeném přípravku. Na válce simulující paži byl navlečen vytvořený vzorek s vodivými drahami umístěnými v místě ohybu na vnitřní a vnější straně. Vzorek byl na počátku a konci uchycen gumičkami.

Otáčením kličkou se provedlo celkem 1.000 ohybů a poté byl změřen elektrický proud při stanoveném napětí a následně spočten elektrický odpor na obou vodivých drahách a zaznamenán. Elektrický odpor byl následně zpracován ke zjištění procentuálního opotřebení vodivé dráhy ohybem.

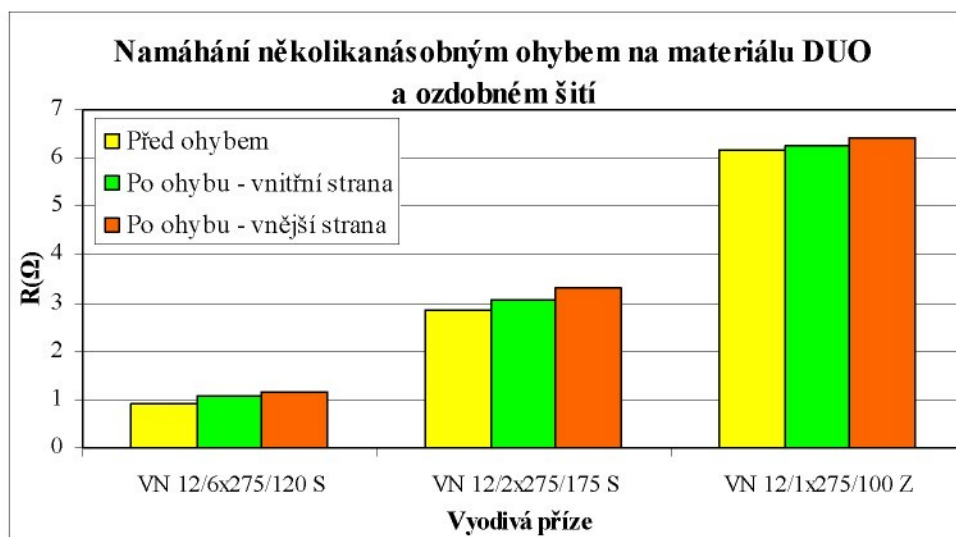
Průměrný elektrický odpor na jednotlivých typech uvedených vodivých přízí byl měřen při 100mA na vzdálenost 20cm. Následně byl elektrický odpor $R[\Omega.m]$ přepočítán na 1m vodivé příze. Hodnoty elektrického odporu příze jsou následující:

VN 12/1x275/100 Z	$R = 4,601 \Omega.m$
VN 12/2x275/175 S	$R = 14,225 \Omega.m$
VN 12/6x275/120 S	$R = 30,825 \Omega.m$

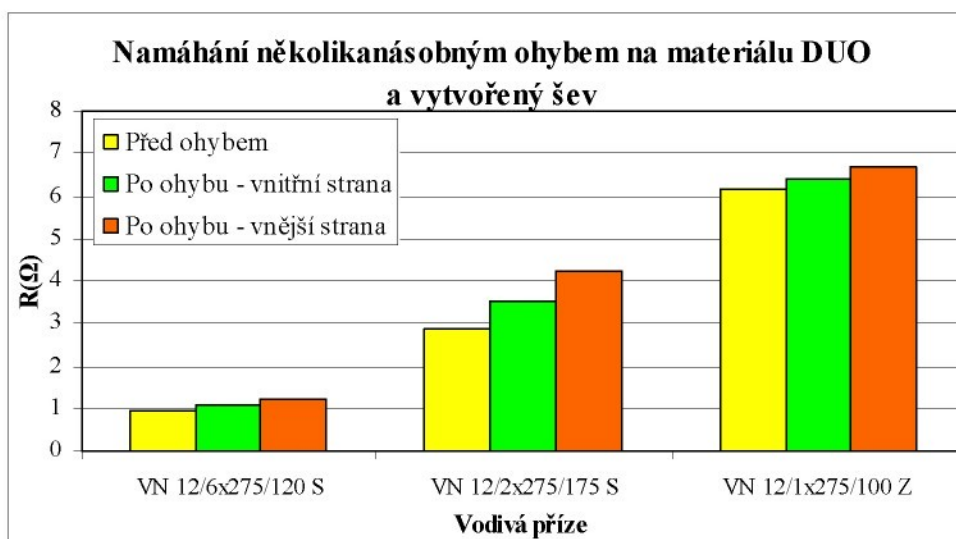
6.6.3. Výsledky měření experimentu a diskuze výsledků

Naměřená data po namáhání několikanásobným ohybem byla zpracována do grafů, které zobrazují namáhání vodivé textilní struktury z vnitřní a vnější části ohybu, namáhání vodivé příze všité ve švu a našité na povrchu nosné textilie a v neposlední řadě porovnávají nosné textilie. Měrný elektrický odpor měřený na vzorcích je určen na vzdálenost 20cm.

Na prvních dvou grafech je zobrazeno namáhání z vnitřní a vnější strany materiálu DUO. V grafu č.20 je vodivá dráha vytvořena na povrchu nosné textilie a v grafu č.21 je vodivá dráha vytvořená všitím vodivé příze ve švu.



Graf č. 20: Namáhání několikanásobným ohybem na materiál DUO



Graf č. 21: Namáhání několikanásobným ohybem na materiál DUO

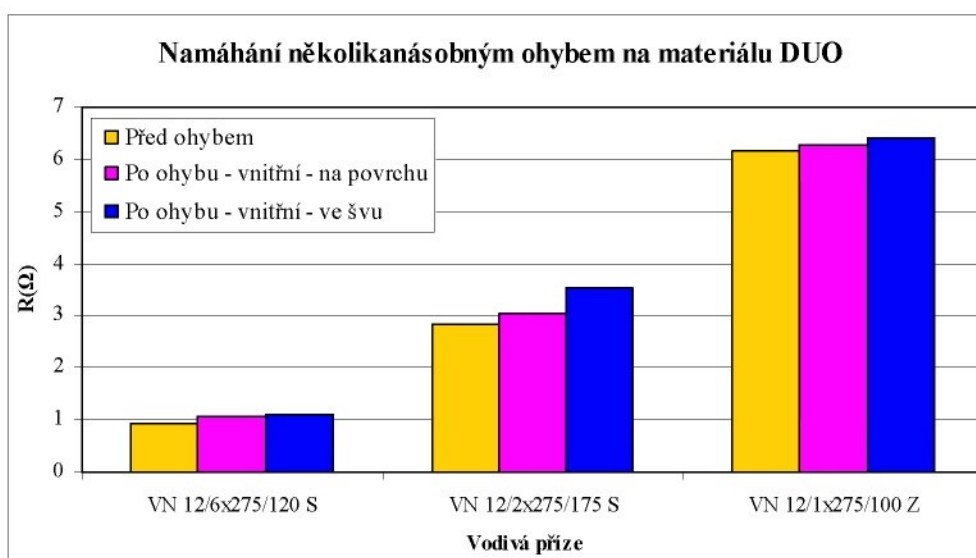
Rozdílnosti měření nejsou veliké, ale je zřejmé, že z vnější strany ohybu je namáhání větší než z vnitřní strany ohybu. Zvýšení odporu vůči vodivosti v přízi může mít různá zapříčinění, jedním z nich může tvorba smyček vodivé příze. Vodivá příze po několikanásobném ohybu a to již u prvních 200 ohybů byla z ozdobného šití povytažena a tvořila smyčky. Tyto smyčky by následně mohly způsobit úplné vytažení příze ze švu a tím i porušení vodivé struktury. Zobrazení poškození vodivé nitě je zobrazeno na obrázku č.33.

Možným řešením pro vymezení poškození vodivé příze by mohlo být navýšení hustoty stehu a tím i lepšího uchycení vodivé příze.

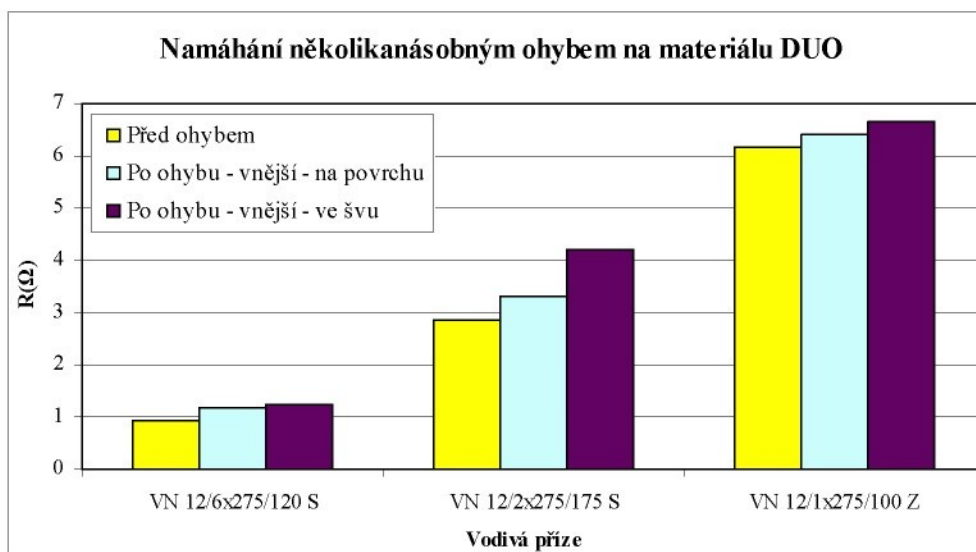


Obr.č. 34: Vytvořené kličky z vnější strany ohybu na materiálu DOU

Na následujících grafech č.22 a č.23, je zobrazeno porovnání namáhání příze našité na povrchu nosné textilie a příze všité ve švu z vnitřní strany ohybu na materiálu DUO. Ač je to překvapivé, příze ve švu, který měl být vytvořen na ochranu příze před vnějšími vlivy je ohybem ovlivňována ve větší míře než příze našitá na povrchu.



Graf č. 22: Porovnání namáhání vytvořených švů několikanásobným ohybem na materiál DUO z vnitřní strany ohybu



Graf č. 23: Porovnání namáhání vytvořených švů několikanásobným ohybem na materiál DUO z vnější strany ohybu

Z porovnání dvou předchozích grafů je zřejmé, že namáhání na vnější straně je dle předchozích zjištění ve větší míře. Při několikanásobném ohybu z vnější strany a vodivé příze umístěné ve švu je ovlivnění největší. Na obrázek č. 34 je zobrazena vnější strana s vodivou přízí umístěnou ve švu, na níž není patrné poničení z lící strany.



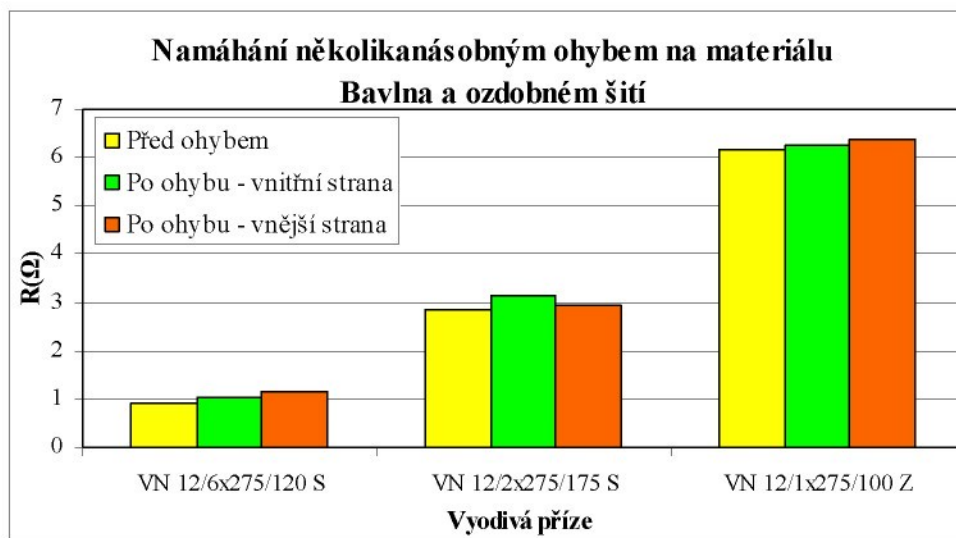
Obr.č. 35: Vytvořené klíčky z vnější strany ohybu na materiálu DOU

Pro zjištění příčiny snížení vodivosti byl šev rozpárán a uvnitř švu bylo zjištěno rozvolnění vodivé příze. Rozvolnění vodivé příze může vést k menšímu kontaktu mezi jednotlivými vlákny a tudíž i ke snížení vodivosti. Na obrázku č. 35 je zobrazena fotografie rozvolněné příze ve švu.

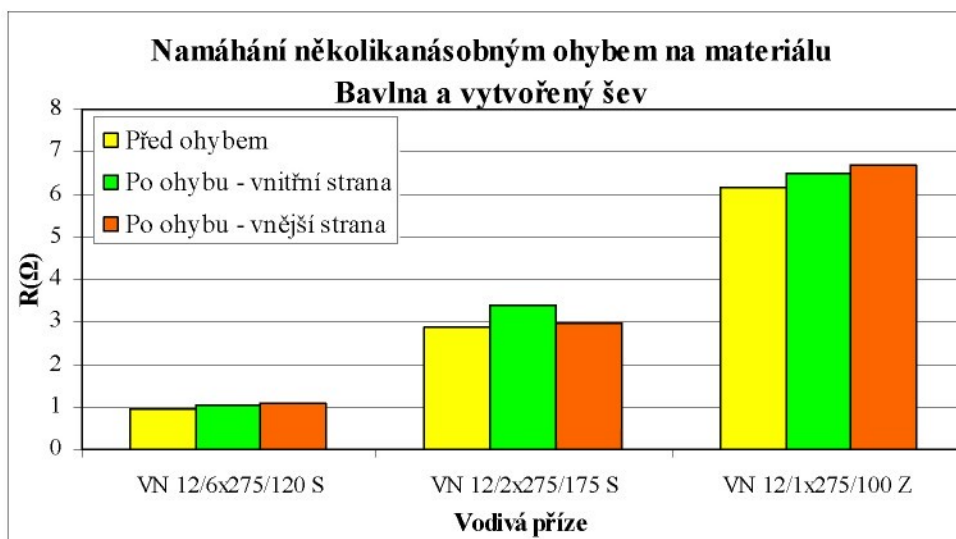


Obr.č. 36: Vytvořené rozvolnění vodivé příze ve švu z vnější strany ohybu na materiálu DOU

Grafy č.24 a č.25 je zobrazeno namáhání na materiálu ze 100% bavlny z vnitřní a vnější strany ohybu. Na prvním grafu je zobrazeno namáhání na vodivé přízi našité na povrchu této nosné textilie a na druhém grafu je zobrazeno namáhání vodivé příze všité ve švu.



Graf č. 24: Namáhání vodivé příze našité na povrchu nosné textilie několikanásobným ohybem na materiálu ze 100% bavlny



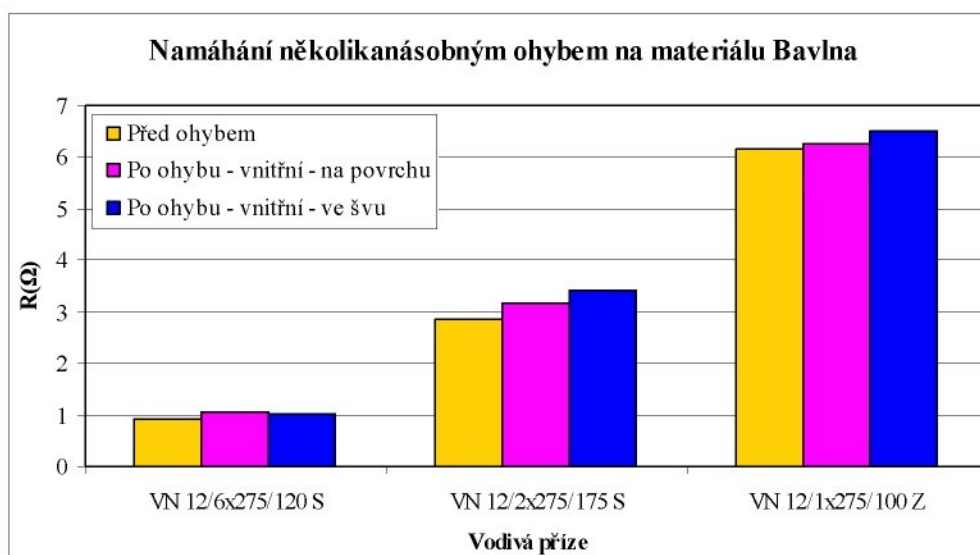
Graf č. 25: Namáhání vodivé příze všité ve švu několikanásobným ohybem na materiálu ze 100% bavlny

I u bavlněné nosné textilie je namáhání obdobné jako u nosné textilie z materiálu DUO, z vnější strany je namáhání vyšší než namáhání z vnitřní strany. Jediným rozdílem je, že příze se střední vodivostí je z vnější strany ohybu ovlivněna v menší míře než příze z vnitřní strany ohybu. Na obrázku č.36 je zobrazeno rozvolnění vláken silné vodivé příze VN 12/6x275/120S. U střední vodivé příze VN 12/2x275/175S nedocházelo k výskytům rozvolňování a tvorbě smyček a tím i namáhání na několikanásobný ohyb bylo menší.

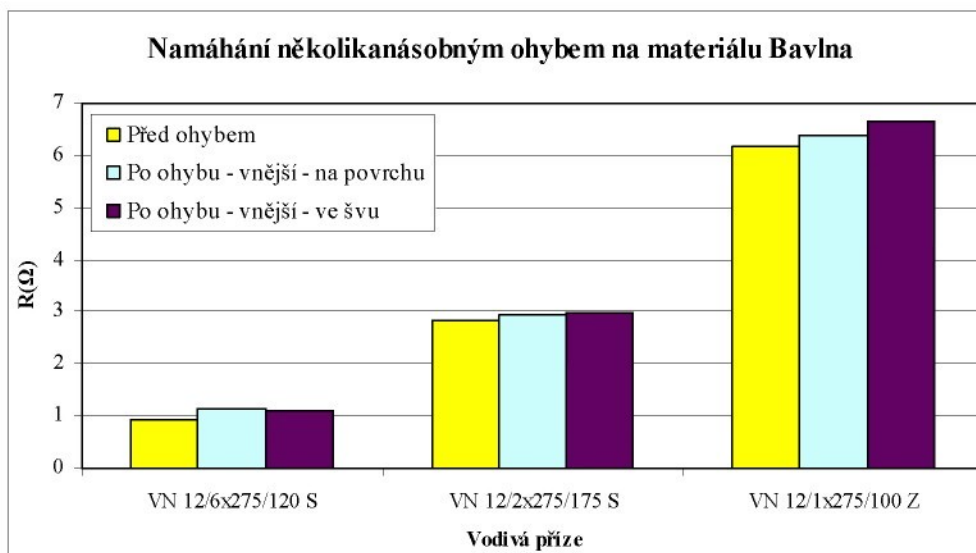


Obr.č. 37: Vytvořené kličky z vnější strany ohybu na materiálu ze 100% bavlny

Na následujících grafech č.26 a č.27, je zobrazeno porovnání namáhání příze našité na povrchu nosné textilie a příze všité ve švu z vnitřní a vnější strany ohybu na materiálu ze 100%bavlny. I zde je příze ve švu, vytvořeného na ochranu příze před vnějšími vlivy, ohybem ovlivňována ve větší míře než příze našitá na povrchu.



Graf č. 26: Porovnání namáhání vytvořených švů několikanásobným ohybem na materiálu ze 100%bavlny z vnitřní strany



Graf č. 27: Porovnání namáhání vytvořených švů několikanásobným ohybem na materiálu ze 100% bavlny z vnější strany

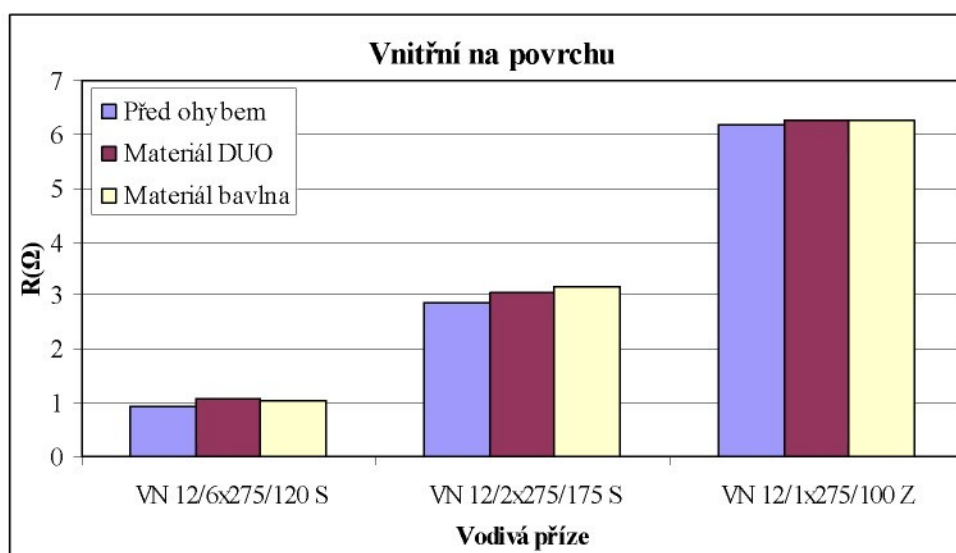
Pro zjištění příčiny snížení vodivosti byl šev i na bavlněném materiálu rozpárán a uvnitř švu bylo zjištěno opětovné rozvolnění vodivé příze. Na obrázku č. 37 je zobrazena fotografie rozvolněné příze ve švu.



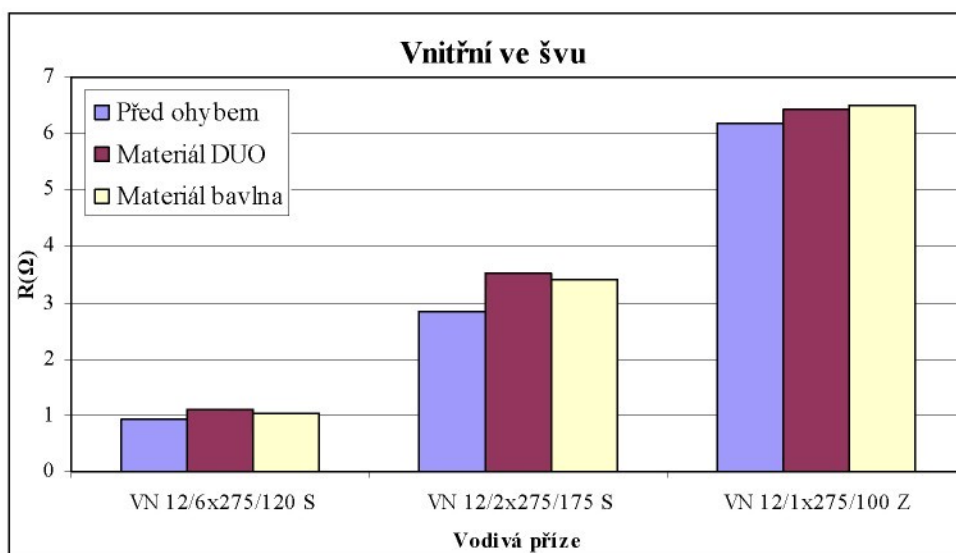
Obr.č. 38: Vytvořené rozvolnění vodivé příze ve švu z vnější strany ohybu na materiálu ze 100% bavlny

Posledním parametrem, který by mohl ovlivnit vodivost vodivé příze při několikanásobném ohybu je volba nosné textilie. Pro experiment byly zvoleny dvě nosné textilie, jedna vyrobená ze 100% bavlny a 100% polypropylénu nazvaná DUO na výrobu funkčního prádla a druhá na výrobu bavlněných triček vyrobená ze 100% bavlny.

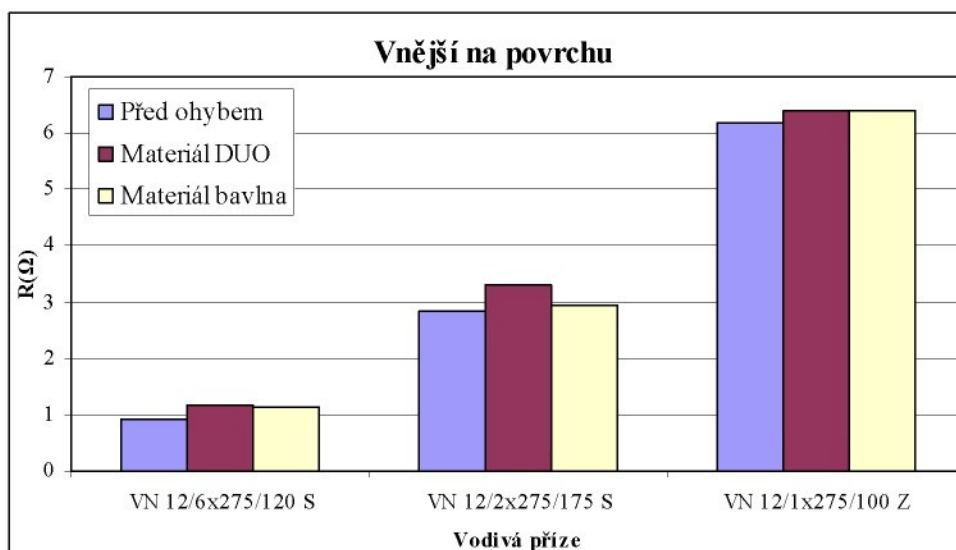
Rozdílnost ovlivnění nosné textilie na vodivost vodivé příze našité na povrchu, nebo všité ve švu je zobrazena na grafech od č. 28 až po graf č. 31.



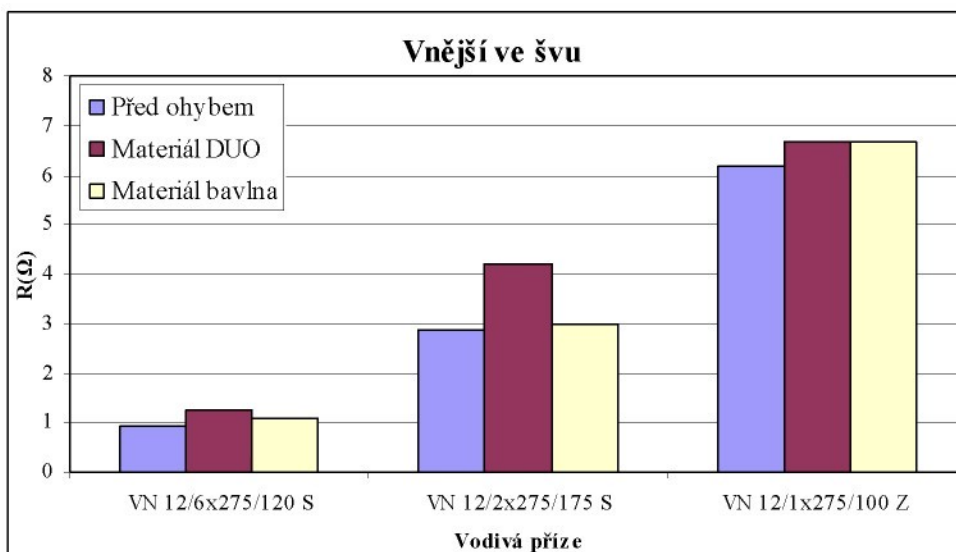
Graf č. 28: Namáhání vodivé příze našité ozdobným prošitím několikanásobným ohybem na materiálu ze 100% bavlny



Graf č. 29: Namáhání vodivé příze našité ozdobným prošitím několikanásobným ohybem na materiálu ze 100% bavlny



Graf č. 30: Namáhání vodivé příže našité ozdobným prošitím několikanásobným ohybem na materiálu ze 100% bavlny



Graf č. 31: Namáhání vodivé příže našité ozdobným prošitím několikanásobným ohybem na materiálu ze 100% bavlny

Z grafů je patrná jen minimální závislost změny vodivosti. U nejsilnější nitě je změna minimální. U nejslabší nitě je změna větší než u silné nitě, ale i tak je zanedbatelná, největší změny je na střední niti na vnější straně ohybu, kde je na materiálu DUO vodivost vyšší.

6.6.4. Závěr experimentu v několikanásobném ohybu

Z grafů uvedených v předchozí kapitoly vyplívá, že namáhání několikanásobným ohybem ovlivňuje vodivostní charakteristiky a v nemalé míře i trvanlivostní charakteristiky vodivé textilní struktury.

S rostoucím namáháním materiálu na několikanásobný ohyb rostl elektrický odpor vůči procházejícímu proudu, čímž klesala vodivost materiálu. Vodivost přišité vodivé příze na povrchu nosné textilie byla ovlivňována v menší míře než vodivost všití vodivé příze do švu.

Vnitřní strana ohybu je namáháním prokazatelně méně ovlivněna než strana vnější. Na vnitřní straně dochází k hromadění materiálu a jeho následným stlačováním. Na vnější straně dochází k napínání materiálu, což způsobuje rozvolňování vláken a tím ovlivňuje vodivost.

Trvanlivostní charakteristiky byly ovlivňovány především u přišití vodivé příze na povrch nosné textilie. Vodivá příze po několikanásobném ohybu a to již u prvních 200 ohybů byla z ozdobného šití, vytvořeného pro přichycení vodivé nitě, povytažena a tvořila smyčky. Tyto smyčky by následně mohly způsobit úplné vytažení příze ze švu a tím i porušení vodivé struktury. K tomuto efektu docházelo především z vnější strany ohybu a to u obou materiálů. Možným řešením pro vymezení poškození vodivé příze by bylo navýšení hustoty stehu a tím i lepšího uchycení vodivé příze.

Jelikož byly při realizaci experimentu omezené možnosti při výrobě přípravku, byly upraveny i podmínky namáhání. U vodivé příze docházelo i při tomto menším rozsahu mechanického namáhání k již prokazatelným změnám vodivosti, za úvahu by proto stálo se tomuto tématu věnovat v jiné diplomové práci a experiment více rozvinout.

7. Závěr

Cílem této diplomové práce bylo seznámit čtenáře s vlivem fyziologických procesů těla a vlivem nošení na vodivostními a trvanlivostními charakteristiky vodivých textilních struktur. Vodivé textilní struktury byly již v několika předchozích pracích testovány a to převážně z hlediska jejich šicích schopností.

Vlivů ovlivňujících vodivé textilní struktury je nepřehledné množství, tato diplomová práce je však zaměřena na dvě problematiky a to na první problematiku zaměřenou na fyziologické procesy, z nichž jsem si pro experimentální část vybrala termoregulaci lidského organismu a jeho ochlazování prostřednictvím vylučování potu. Druhá část experimentální části diplomové práce se zabývá problematikou vlivu nošení a s ním spojený vybraný ohyb, jako jeden z mnoha zástupců opotřebení textilie při běžném nošení.

Pro experiment byly vybrány vodivé příze použité již v předchozích pracích pro jejich nejlepší vodivé vlastnosti dostupných druhů vodivých nití a to *VN 12/1x275/100 Z* (100% ocelová vlákna), *VN 12/2x275/175 S* (100% ocelová vlákna) a *VN 12/6x275/120 S* (100% ocelová vlákna) od firmy *Bekaert*. Za pomoci strojního zařízení byly technikou šití vytvořeny vodivé dráhy, kde vodivé příze nejsou použity jako strojová nit, ale pouze jako nit doplňková.

První část experimentu se zabývala problematikou zaměřenou na fyziologické procesy lidského těla, konkrétně vlivy pocení. Vlivy pocení na vodivost textilní vodivé struktury jsou velmi obsáhlým tématem, ovlivňování potem by se dalo rozčlenit do mnoha možných způsobů testování. Jeden ze způsobů testování je popsán v experimentální části, jedná se o vzájemné zkratování, nebo narušování vodivosti vodivých drah vytvořených v blízké vzdálenosti od sebe. Z měření vyplynulo, že vodivé dráhy vytvořené ve vzdálenosti menší než 3 cm mohou být při vyšších napětí jak 12V mezi sebou ovlivňovány vznikající elektrolýzou. Veliký vliv na vodivost má též složení potu, a nosná textilie, na které je vodivá dráha vytvořena.

Velmi překvapivých výsledků se dostavilo při zjišťování vodivostních charakteristik při několikanásobném ohybu. Pro experiment několikanásobného ohybu byly vytvořeny dva druhy vodivé textilní struktury. První vodivá textilie byla vytvořena našitím vodivé příze na povrch textilie krycím stehem a druhá všitím vodivé příze do švu a zpevněním švu krycím stehem. Při experimentu bylo zjištěno, že pokud by byla vodivá struktura vytvořená na lokti z vnější části ohybu, byla by mnohem namáhanější oproti vnitřní části ohybu. Také zajímavých výsledků by se dosahovalo při zjišťování vodivosti jednotlivých vytvořených švů. Nit umístěná do švu, který ji má chránit oproti vnějším vlivům, je mnohem více ovlivněna ohybem než nit pouze našitá na povrchu nosné textilie.

Při experimentu v simulovaném potu nebylo použito dvou druhů vodivé struktury, byla použita struktura s našitou vodivou přízí na povrchu textilie. Předpokladem bylo, že vodivá příze ukrytá ve švu by byla oproti potu lépe chráněna a tudíž by nedocházelo k velkým ovlivněním. Experiment v ohybu však ukázal opak, vodivá příze umístěná ve švu byla ohybem namáhána ve větší míře než vodivá příze našitá pouze na povrchu a proto by bylo zajímavé prověřit tuto teorii i v simulovaném potu.

Literatura:

- [1] Hes L., Sluka P.; Úvod do komfortu textilií, skripta TU Liberec, 2005
- [2] Košková, B.: Struktura a vlastnosti vláken. Vysoká škola strojní a textilní, Liberec 1989
- [3] Ing. Fiala M., Cs.c., Ing. Vrožina M., Cs.c. a Ing. Hercik J.: Elektrotechnická měření I, pro 3 ročník SPŠ elektrotechnických, Praha 1991
- [4] Jiří Militký; Textilní vlákna pro mechatroniky, přednášky TU Liberec
- [5] Základní pojmy a vysvětlení pojmů, dostupné z:
URL: <<http://encyklopedie.seznam.cz>> (citováno: 29.10.2008)
- [6] Ing. Jakubec A. a kolektiv, Dílenská cvičení 2, pro 2 ročník SPŠ elektrotechnických, Praha 1990
- [7] Současný stav v oboru inteligentních a interaktivních textilií, dostupné z:
URL: <<http://www.mateo.ntc.zcu.cz/doc/Stav.doc>> (Citováno: 28.12.2008)
- [8] Smart textilie, dostupné z:
URL: <<http://www.ptj.com.pk/Web%202004/08-2004/Smart%20Textiles.html>>
(Citováno: 6.2.2008)
- [9] Návod na cvičení v předmětu Oděvní materiály
- [10] Norma ČSN EN ISO 105-E04 (ČSN 80 0165) Textilie – Zkoušky stálobarevnosti v potu
- [11] ZOUHAROVÁ, J.: *Výroba oděvů II*. Liberec 2002, skripta TUL/FT
- [12] RŮŽIČKOVÁ, D.: *Zpracovatelské a užitné vlastnosti oděvních materiálů*. Liberec 2002, skripta TUL/FT, ISBN: 80-7083-602-2, vydání první.
- [13] ČSN ISO 4915 - Textilie. Druhy stehů. Třídění a terminologie
- [14] ČSN ISO 4916 - Textilie. Druhy švů. Třídění a terminologie
- [15] Výrobce vodivých nití, dostupné z:
URL: <www.bekaert.cz> (citováno: 7.3.2009)
- [16] Meoli, D.: Interactive electronic textiles: technologies, applications, opportunities, and market potential, Graduate Faculty of North Carolina State. Dostupné z:
URL: <<http://www.lib.ncsu.edu/theses/available/etd-05212002-104138/unrestricted/etd.pdf>>
(citováno: 26.4.2009)
- [17] Fyziologie, dostupné z:
URL: <<http://leccos.com/index.php/clanky/fyziologie>> (citováno: 23.1.2009)

[18] Vodivé polymery, dostupné z:

URL: <<http://www.vesmir.cz/clanky/clanek/id/5505> (citováno: 4.4.2009)

[19] Hight-tech oděvy zítřka, dostupné z:

URL: <http://digiweb.ihned.cz/c4-10053230-21958350-009000_d-ifa-2007-high-tech-odevy-zitrka (citováno 1.2.2009)

[20] Bc. Bajčičáková, E.: Inovace postupu tvorby vodivých drah, Liberec 2008, Diplomová práce na Fakultě textilní na Technické univerzitě v Liberci, katedra oděvnictví. Vedoucí diplomové práce .Ing. Renáta Němčoková

[21] Ing. Mařátko J., Ing Foitová E.: Elektronika pro 3 ročník SPŠE slaboproudých, Praha 1981

[22] Propagační materiály a informace o použitých materiálech dostupné z:

URL: <www.bluefly.cz (citováno 1.12.2008)

[23] ČSN 80 0067 - Stanovení podílu textilních vláken ve směsích.

[24] prof. RNDr. Jiří Dvořák, CSc., prof. RNDr. Jiří Koryta, DrSc.: Elektrochemie, Praha 1983

[25] RNDr. Jiří Vohlídal, CSc., a kol.: Chemické tabulky pro střední průmyslové školy chemické a s chemickým zaměřením, Praha 1988

Seznam obrázků

Obr.č. 1: Pásový model	18
Obr.č. 2: Pásový model vodičů	18
Obr.č. 3: Izolátor	19
Obr.č. 4: Vlastní polovodič	19
Obr.č. 5: Inteligentní košile profesora Sundaresana Jayaramana	28
Obr.č. 6: Elektronická podprsenka	28
Obr.č. 7: Dětský obleček s čidly	29
Obr.č. 8: Plavky s indikátorem slunečního záření	29
Obr.č. 9: Porovnání kovových vláken s lidským vlasem	32
Obr.č. 10: Vodivé dráhy vetkané v textilií	33
Obr.č. 11: Ovinutí útkové příze tenkými zlatými spirálkami	34
Obr.č. 12: Potisk textilie vodivou pastou	36
Obr.č. 13: Reklamní snímek firmy Bekaert	49
Obr.č. 14: Grafické znázornění provázání obou vrstev materiálu DUO	51
Obr.č. 15: Zobrazení provázání oček jednotlivých materiálů, nejprve bavlny a poté polypropylénu, a na spodní části obrázku vzájemné propojení obou vrstev z rubní strany	52
Obr.č. 16: Schéma vedení nitě v interlokové pletenině	52
Obr.č. 17: Zobrazení provázání oček	53
Obr.č. 18: Schéma vedení nitě	53
Obr.č. 19: Viditelná vodivá příze na povrchu oděvu	57
Obr.č. 20: Neviditelná vodivá příze na povrchu oděvu	58
Obr.č. 21: Náčrt šablony na ušití vzorku	60
Obr.č. 22: Schéma zapojení měřících přístrojů při měření velkých odporů	61
Obr.č. 23: Zobrazení závislosti odporu a vzrůstajícího napětí	62
Obr.č. 24: Vzorek poškozený elektrolyzou alkalického potu	66
Obr.č. 25: Schéma možného výpočtu odporu	73
Obr.č. 26: Mechanismus elektrolyzy	74
Obr.č. 27: Náčrt prvního přípravku	75
Obr.č. 28: Náčrt druhého přípravku	76
Obr.č. 29: Vytvořený přípravek s již připraveným vzorkem	77
Obr.č. 30: Schéma vytvořeného vzorku	79

Obr.č. 31: Schéma vytvořeného vzorku v řezu.....	79
Obr.č. 32: Náskres horolezce.....	80
Obr.č. 33: Schéma zapojení měřících přístrojů při měření malého odporu.....	81
Obr.č. 33: Vytvořené kličky z vnější strany ohybu na materiálu DOU.....	83
Obr.č. 34: Vytvořené kličky z vnější strany ohybu na materiálu DOU.....	84
Obr.č. 35: Vytvořené rozvolnění vodivé příze ve švu z vnější strany ohybu na materiálu DOU.....	84
Obr.č. 37: Vytvořené kličky z vnější strany ohybu na materiálu ze 100% bavlny.....	86
Obr.č. 38: Vytvořené rozvolnění vodivé příze ve švu z vnější strany ohybu na materiálu ze 100%bavlny	87

Seznam tabulek

Tabulka 1: Měrný elektrický odpor a měrná elektrická vodivost kovů a jejich slitin.	21
Tabulka 2: Měrný elektrický odpor vláken.....	23
Tabulka 3: Procentuální podíl polypropylénových vláken v materiálu DUO	54
Tabulka 4: Rozkreslení švu.....	57
Tabulka 5: Rozkreslení švu.....	58

Seznam grafů

Graf č. 1: Zobrazení metody měření od 1V do 24V	63
Graf č. 2: Zobrazení metody měření od 24V do 1V	63
Graf č. 3: Porovnání výsledků měření metodou od 1V do 24V a metodou od 24V do 1V ..	63
Graf č. 4: Velikost elektrického odporu pro jednotlivá měření na materiálu DUO v alkalickém potu.....	64
Graf č. 5: Velikost elektrického odporu pro jednotlivá měření na materiálu ze 100% bavlny v alkalickém potu	64
Graf č. 6: Porovnání ovlivnění alkalickým potem na jednotlivých materiálech, silná nit...	65
Graf č. 7: Porovnání ovlivnění alkalickým potem na jednotlivých materiálech, střední nit	65
Graf č. 8: Porovnání ovlivnění alkalickým potem na jednotlivých materiálech, slabá nit ..	65
Graf č. 9: Velikost elektrického odporu pro jednotlivá měření na materiálu DUO v kyselém potu	67

Graf č. 10: Velikost elektrického odporu pro jednotlivá měření na materiálu DUO v alkalickém potu	67
Graf č. 11: Porovnání ovlivnění kyselým potem na jednotlivých materiálech, nit silná	68
Graf č. 12: Porovnání ovlivnění kyselým potem na jednotlivých materiálech, nit střední .	68
Graf č. 13: Porovnání ovlivnění kyselým potem na jednotlivých materiálech, nit slabá ...	68
Graf č. 14: Porovnání ovlivnění alkalického a kyselého potu na materiál ze 100% bavlny	69
Graf č. 15: Porovnání ovlivnění alkalického a kyselého potu na materiál ze 100% bavlny	70
Graf č. 16: Porovnání ovlivnění alkalického a kyselého potu na materiál ze 100% bavlny	70
Graf č. 17: Porovnání ovlivnění alkalického a kyselého potu na materiál DUO	70
Graf č. 18: Porovnání ovlivnění alkalického a kyselého potu na materiál DUO	71
Graf č. 19: Porovnání ovlivnění alkalického a kyselého potu na materiál DUO	71
Graf č. 20: Namáhání několikanásobným ohybem na materiál DUO	82
Graf č. 21: Namáhání několikanásobným ohybem na materiál DUO	82
Graf č. 22: Porovnání namáhání vytvořených švů několikanásobným ohybem na materiál DUO z vnitřní strany ohybu	83
Graf č. 23: Porovnání namáhání vytvořených švů několikanásobným ohybem na materiál DUO z vnější strany ohybu	84
Graf č. 24: Namáhání vodivé příze našité na povrchu nosné textilie několikanásobným ohybem na materiálu ze 100% bavlny	85
Graf č. 25: Namáhání vodivé příze všité ve švu několikanásobným ohybem na materiálu ze 100% bavlny	85
Graf č. 26: Porovnání namáhání vytvořených švů několikanásobným ohybem na materiálu ze 100% bavlny z vnitřní strany	86
Graf č. 27: Porovnání namáhání vytvořených švů několikanásobným ohybem na materiálu ze 100% bavlny z vnější strany	87
Graf č. 28: Namáhání vodivé příze našité ozdobným prošitím několikanásobným ohybem na materiálu ze 100% bavlny	88
Graf č. 29: Namáhání vodivé příze našité ozdobným prošitím několikanásobným ohybem na materiálu ze 100% bavlny	88
Graf č. 30: Namáhání vodivé příze našité ozdobným prošitím několikanásobným ohybem na materiálu ze 100% bavlny	89
Graf č. 31: Namáhání vodivé příze našité ozdobným prošitím několikanásobným ohybem na materiálu ze 100% bavlny	89

Seznam příloh:

PŘÍLOHA č. 1:

Část A – Použité materiály v experimentální části	1
Část B – Vytvořené vodivé textilní struktury použité v experimentální části	2

PŘÍLOHA č. 2 – Použitá strojní zařízení pro vytvoření vodivé textilní struktury v experimentální části

Část A - Plochý interlockový šicí stroj SIRUBA F007J-W122-356/FHA.....	3
Část B - 4-nitný obnitkovací šijací stroj s ořezem 514M2- 24, SIRUBA®	4

PŘÍLOHA č. 3 – Použitá měřicí zařízení

Část A - Parametry multimetru Omega HHM290.....	5
Část B - Parametry multimetru UNI-T UT 70C.....	6

PŘÍLOHA č. 4 - Parametry laboratorního zdroje DIAMETRAL L140R51D

7

PŘÍLOHA č. 5 – Grafy elektrického odporu v alkalickém potu.....

8

PŘÍLOHA č. 6 – Grafy elektrického odporu v kyselém potu.....

11

PŘÍLOHA č. 7 – Tabulky naměřených hodnot ELEKTRICKÉHO ODPORU ($M\Omega$) v alkalickém potu

14

PŘÍLOHA č. 8 – Tabulky naměřených hodnot ELEKTRICKÉHO ODPORU ($M\Omega$) v kyselém potu

16

PŘÍLOHA č. 9 – Tabulky naměřených hodnot ELEKTRICKÉHO ODPORU (Ω) v několikanásobném ohybu

18

PŘÍLOHA č. 10 – Technické specifikace přípravků na simulovaný ohyb.....

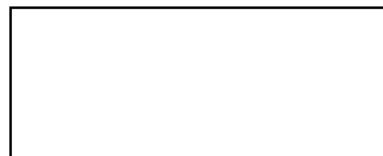
19

PŘÍLOHY

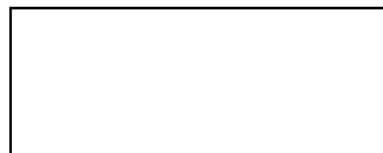
PŘÍLOHA č. 1: Část A – Použité materiály v experimentální části

Použité vodivé příze

Vzorek 1: VN 12/1x275/100 Z (100% ocelová vlákna)



Vzorek 2: VN 12/2x275/175 S (100% ocelová vlákna)

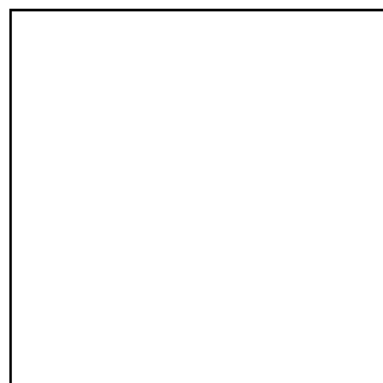


Vzorek 3: VN 12/6x275/120 S (100% ocelová vlákna)

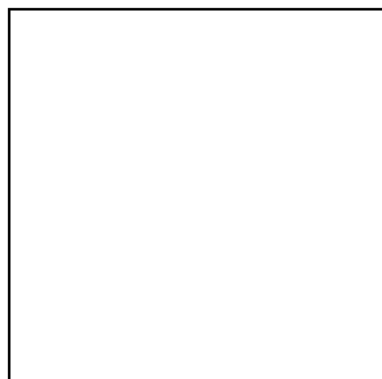


Použité nosné pleteniny

Vzorek 1: materiál ze 100% bavlny a 100% polypropylenu používaný pro výrobu funkčního prádla TermoDOU

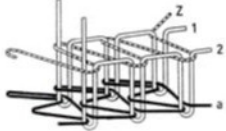


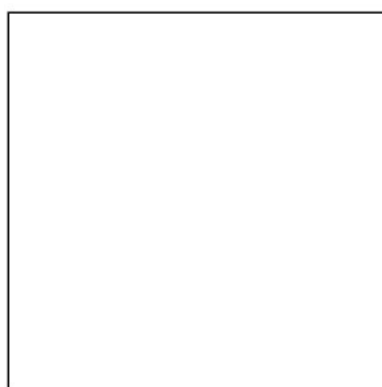
Vzorek 2: 100% bavlněný materiál používaný pro výrobu triček



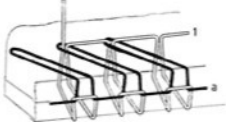
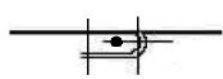
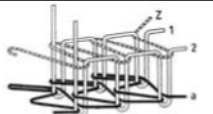
PŘÍLOHA č. 1: Část B – Vytvořené vodivé textilní struktury použité v experimentální části

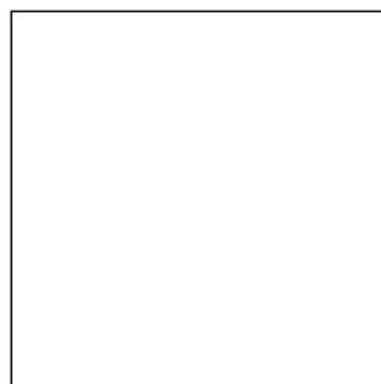
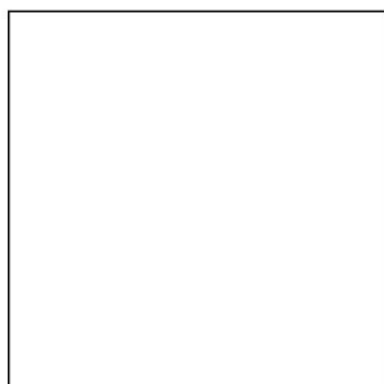
Vzorek 1: viditelná vodivá příze na povrchu oděvu

Třída švu	Položení materiálu	Způsob prošití	Třída stehu a použitý stroj	Způsob provázání
5.01.01			602 Plochý interlokový šicí stroj	



Vzorek 2: neviditelná vodivá příze na povrchu oděvu.

Třída švu	Položení materiálu	Způsob prošití	Třída stehu a použitý stroj	Způsob provázání
1.01.02			514 Obnitkovací šicí stroj s ořezem	
			602 Plochý interlokový šicí stroj	



PŘÍLOHA č. 2 – Použitá strojní zařízení pro vytvoření vodivé textilní struktury v experimentální části

Část A - Plochý interlockový šicí stroj SIRUBA F007J-W122-356/FHA

TECHNICKÉ PARAMETRY INTERLOCKOVÉHO STROJE:

Diferenciální podávání:	1:1,07 - 1:2
Délka stehu:	1,2 - 3,6mm
Oráčky (maximální):	6000 ot./min.
Zdvih patky:	max. 6mm
Motor:	3x380V



Plochý 3-jehlový interlock, šicí stroj se spodním a vrchním krytím, vrchní krytí je možno vypnout. Stroj je možno upravit na stroj šijící dvounitým řetízkovým stehem.

Interlock má diferenciální podávání, rozpích krajních jehel 5,6 mm, rychlost šití maximálně 6000 stehů/min., tato vysoká rychlost umožňuje šití hustým stehem. Ovládání přítlačné patky je zajištěno pomocí pedálu, mazání je centrální. Interlock je vhodný zvláště na šití elastických a dalších speciálních materiálů.

Pro tento šicí stroj doporučujeme SCHMETZ jehelní system UY 128 GAS or UY 128 GAS SERV7, síla jehly v závislosti na materiálu.

PŘÍLOHA č. 2 – Použitá strojní zařízení pro vytvoření vodivé textilní struktury

Část B - 4-nitný obnitkovací šijací stroj s ořezem 514M2- 24, SIRUBA®

TECHNICKÉ PARAMETRY OBNITKOVACÍHO STROJE:

Diferenciální podávání:	0,7-2
Délka stehu:	0-3,6mm
Otáčky(maximální):	8000 ot./min.
Zdvih patky:	6mm
Motor:	spojkový 3x380V



Siruba 747H-514M2-24 je vysokorychlostní 2-jehlový a 4-nitný overlock (typ stehu 514), se spodním podáváním. Overlock je robustní konstrukce s přímým pohonem jehelní tyče a zabudovaným LED osvětlením. Rozpych mezi jehlami 2mm, šířka stehu 4mm, šířka stehu celkem 6mm se současným ořezem, jednoduché nastavování diferenciálního podávání, centrální mazání s filtrací, nastavitelná délka stehu.

Pro tento šicí stroj je doporučen SCHMETZ jehelní systém B-27, síla jehly v závislosti na materiálu.

PŘÍLOHA č. 3 – Použitá měřicí zařízení

Část A - Parametry multimetru Omega HHM290



- Funkční multimetr umožňující záznam Min, Max. i průměrné měřené hodnoty
- Měření napětí, proudu, odporů, frekvence, atd.
- Zabudovaný bezkontaktní infra-teploměr s patentově chráněným laserovým kruhovým zaměřováním
- Vysoký výkon, odolné provedení, dobře čitelný podsvícený LCD displej
- Použitá optika 10:1 (poměr vzdálenosti k měřené ploše)
- Digitální nastavení hodnoty emisivity od 0,1 po 1,00 s krokem 0,01
- Možnost připojení 2 termočlánků typu K a možnost zobrazení teploty (T1 a T2) anebo teplotního rozdílu (T1 – T2)
- Zabudované testování diod a logických obvodů
- Bateriové napájení i možnost napájení pomocí síťového adaptéru
- Automatické vypnutí přístroje, pokud není déle používán
- Součástí přístroje je gumový ochranný kryt a uchycení pro stativ

Rozsah: 430_; 4,3k_; 43k_; 430k_; 4300k_; 43M_

Přesnost: $\pm(0,3\% \text{ rdg} + 3 \text{ dgts})$

PŘÍLOHA č. 3 – Použitá měřící zařízení

Část B - Parametry multimetru UNI-T UT 70C



Přenosný digitální měřící přístroj UT70C má zdokonalenou konstrukci, novým design a velkým displej. Přístroj má optoelektronické rozhraní zaručující bezpečné galvanické oddělení měřícího přístroje od PC. Je opatřen obalem ze stříkané měkké pryže.

DC napětí : 80mV / 800mV / 8V / 80V / 800V / 1000V	- přesnost: +/- (0.1%+1)
AC napětí: 800mV / 8V / 80V / 800V / 1000V	- přesnost: +/- (1%+3)
DC proud: 80mA / 800mA / 8A / 10A	- přesnost: +/- (0.3%+2)
AC proud: 80mA / 800mA / 8A / 10A	- přesnost: +/- (0.8%+2)
Odpor: 800Ohm/ 8kOhm/ 80kOhm/ 800kOhm/ 8MOhm/ 80MOhm	- přesnost: +/- (0.5%+1)
Vodivost: 80nS	- přesnost: +/- (2%+10)
Kapacita: 1nF / 10nF / 100nF / 1μF / 10μF / 100μF	- přesnost: +/- (2%+3)
Kmitočet: 1kHz / 10kHz / 100kHz / 1MHz	- přesnost: +/- (0.02%+1)

CHARAKTERISTIKA:

Napájení: 9V baterie (6F22)

Rozměry: 195 x 90 x 40mm

Hmotnost: 600g

SPECIÁLNÍ FUNKCE:

Pojistka 10A (proudový rozsah), Auto rozsah, Test diod , Akustický test, Měření Min/Max špičkové, průměrné a REL hodnoty, Auto Data Hold, Rozhraní RS232C (propoj. kabel k PC, software), Icon displej, Sleep mód, Indikátor baterie, Vstupní impedance pro DC napětí: 10Mohm, Podsvětlení displeje, Max. displej 7999 (62 x 53mm), Bargraf

PŘÍLOHA č. 4 - Parametry laboratorního zdroje DIAMETRAL L140R51D

Parametry

napájecí napětí:	230V / 50Hz
napětí regulovatelné:	1x $0 \div 40V$
proud regulovatelný:	1x $0 \div 3A$
napětí pevné:	1x 5V
proud pevný:	1x 3A
zvlnění typické:	< 2mV
zvlnění maximální:	10mV
napěťová stabilita při změně sítě +6/-10 %:	cca 0,05%
proudová stabilita při změně sítě +6/-10%:	cca 0,05%
třída přesnosti měřících přístrojů:	2
celkový příkon max.:	160W



Popis:

Tento zdroj je vybaven jedním zdrojem s plynulou regulací napětí v rozsahu $0 \div 30V$ s možností nastavení omezení proudu od $0.1 \div 4A$. Tento model disponuje navíc pevným zdrojem napětí 5V/3A. Regulovatelná část zdroje je vybavena měřicími přístroji jak pro napětí, tak i pro proud. Indikace omezení proudu je provedena blikající desetinnou tečkou na proudovém měřicím přístroji a přerušovaným zvukovým signálem. Tento zvukový signál lze dle potřeby vypnout. Výstupy jednotlivých zdrojů jsou ovládány samostatným tlačítkem s kontrolkou pro jejich jednoduchou obsluhu. Díky tomu není nutno vypínat celý laboratorní zdroj při práci.

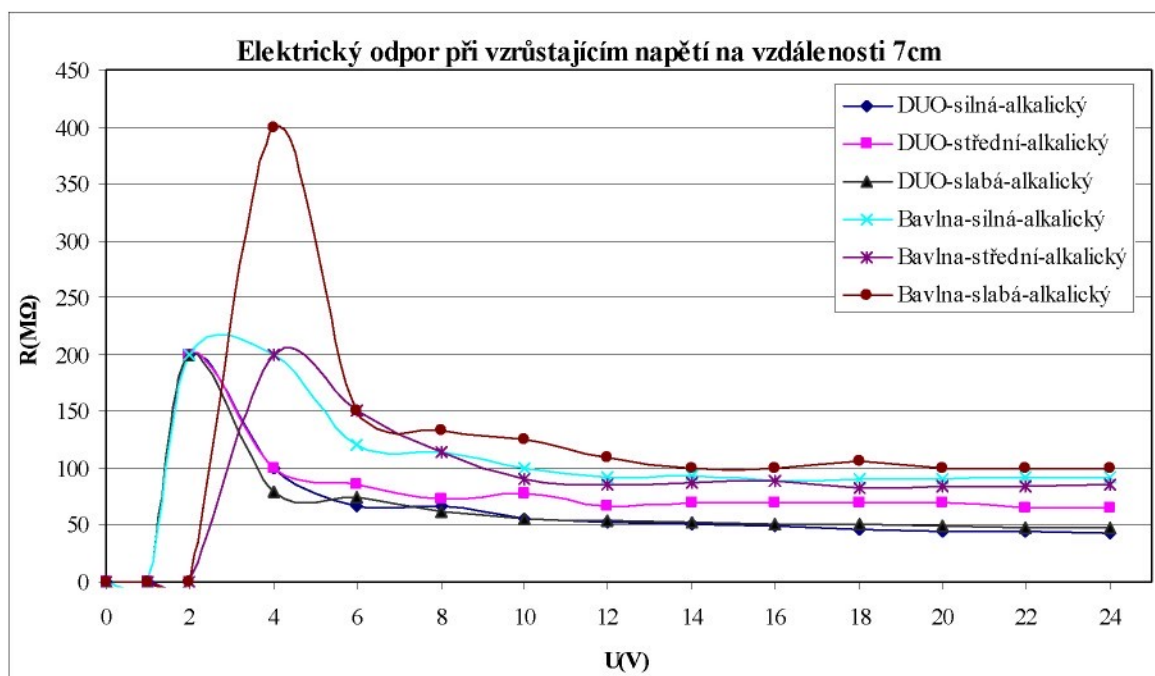
Proti tepelnému přetížení je vybaven teplotním čidlem a ventilátorem, který v případě potřeby chladiče výkonových prvků ochladí na přijatelnou hodnotu. Transformátor je dostatečně dimenzován pro trvalou dodávku maximálního výkonu do zátěže. Celá elektronika je umístěna v robustním kovovém šasi s povrchovou úpravou Comaxit - černá barva RAL 9005.

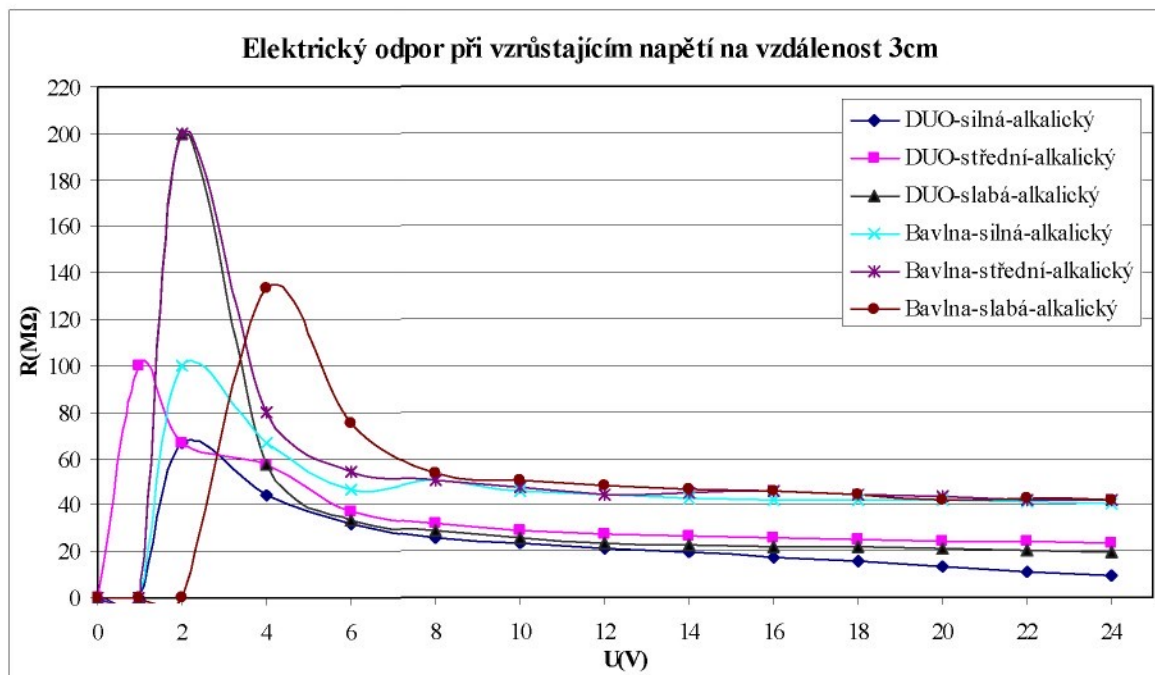
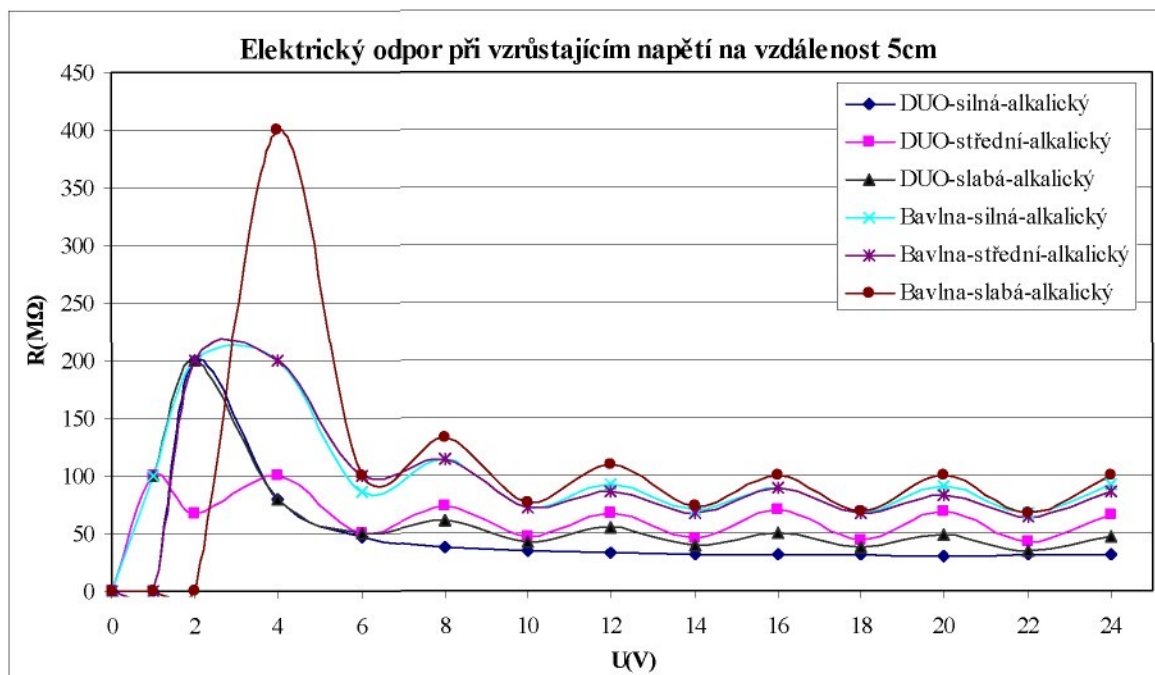
PŘÍLOHA č. 5 – Grafy elektrického odporu v alkalickém potu

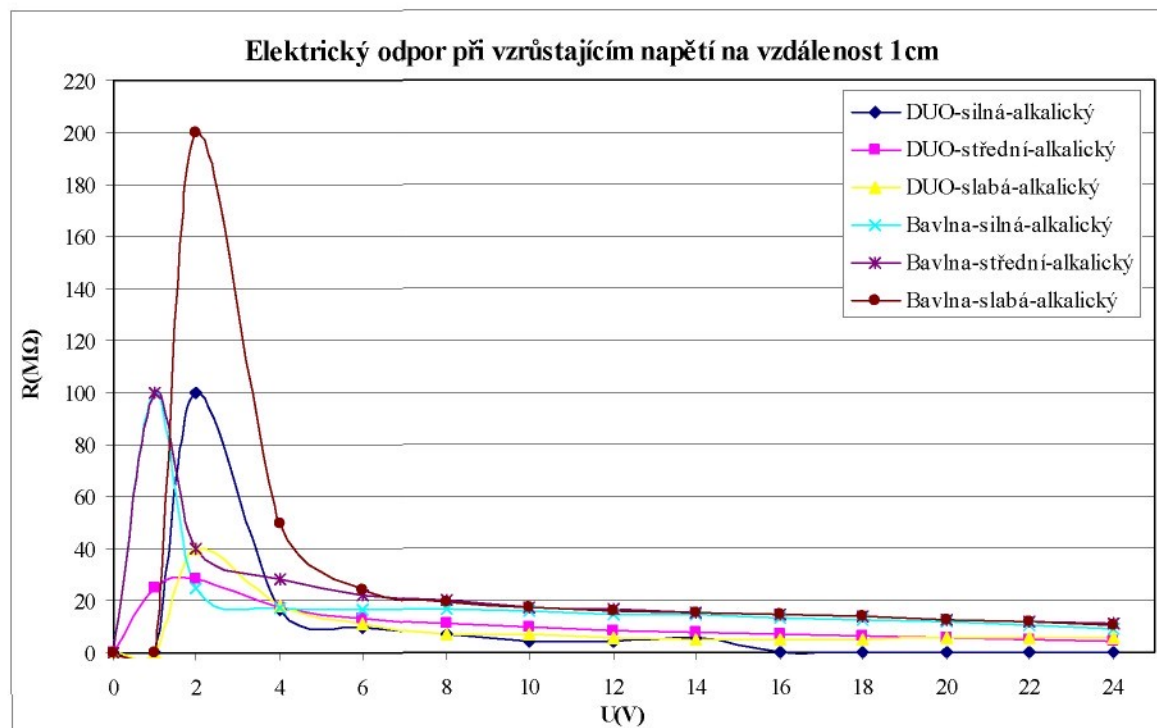
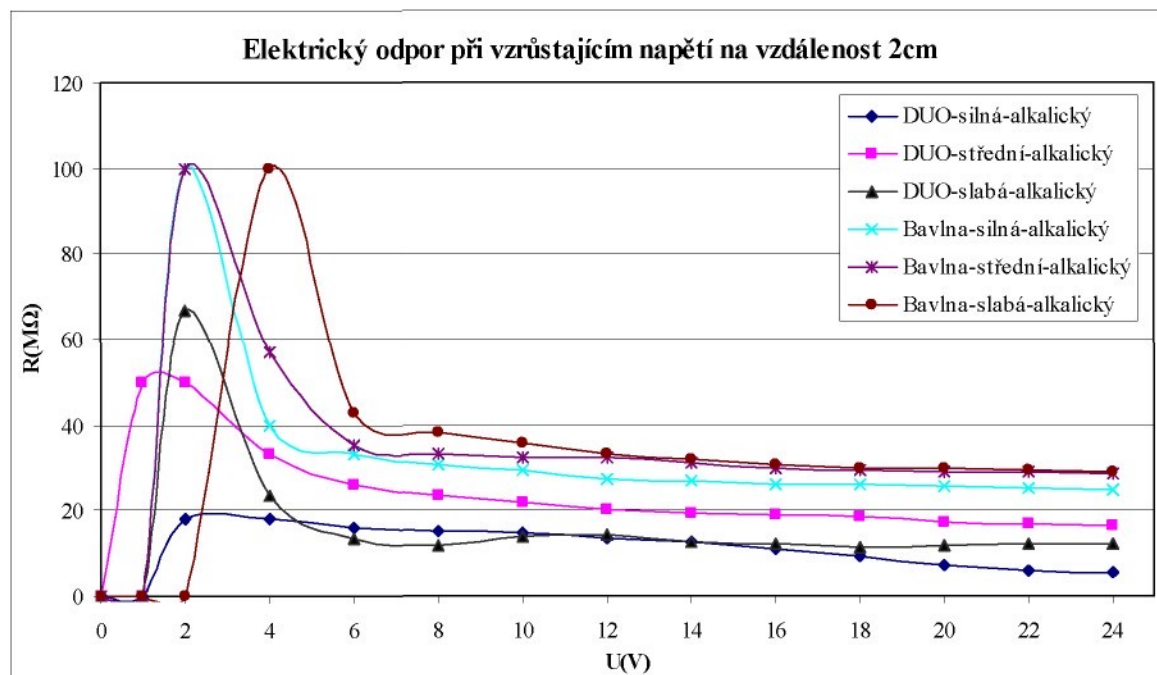
Pro jednotlivá měření v různých vzdálenostech byly zhotoveny grafy. Na grafech je zobrazen elektrický odpor při použití různé síly nitě a rozdílného materiálu v alkalickém potu.

Popis legendy:

- | | |
|--|-----------------|
| Materiál DUO ze 100% bavlny a 100% polypropylénu je označen: | DUO. |
| Materiál ze 100% bavlny je označen: | Bavlna. |
| Nit VN 12/1x275/100 Z ze 100% ocelových vláken je označena jako: | slabá. |
| Nit VN 12/2x275/175 S ze 100% ocelových vláken je označena jako: | střední. |
| Nit VN 12/6x275/120 S ze 100% ocelových vláken je označena jako: | silná. |





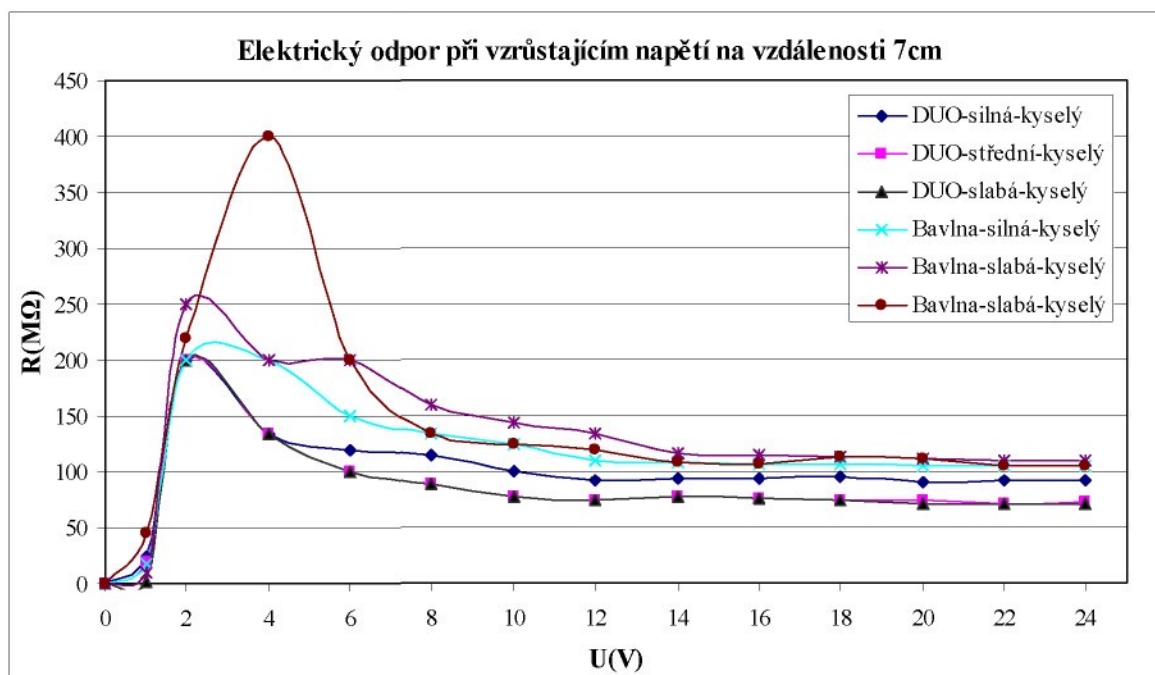


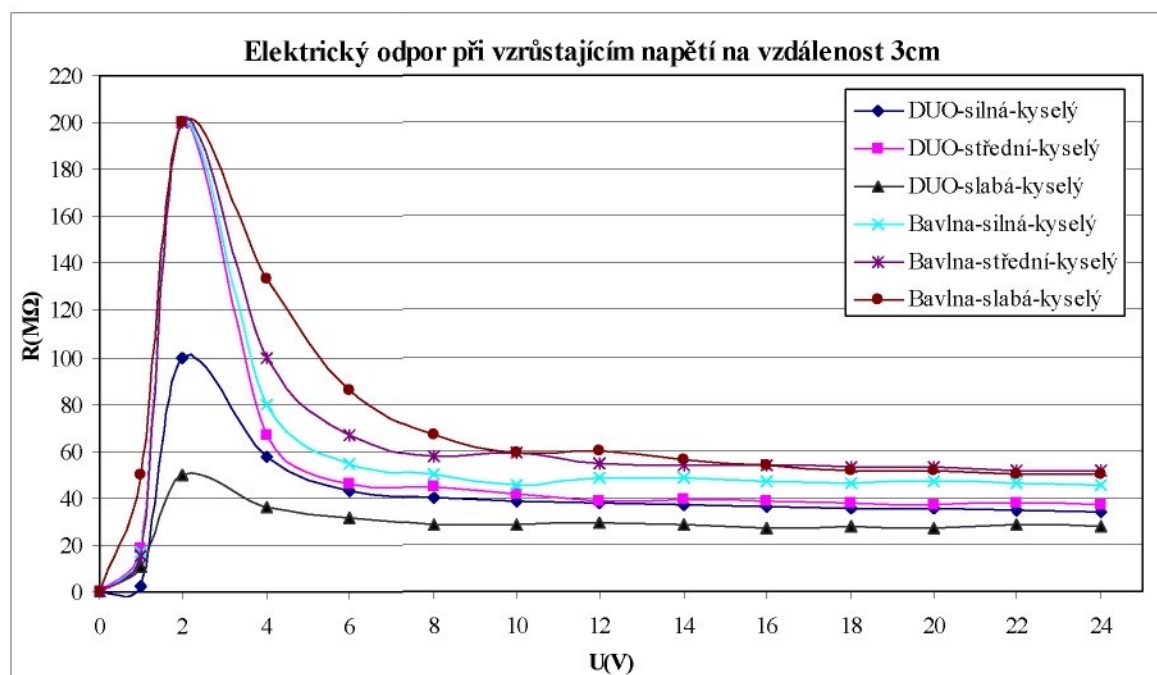
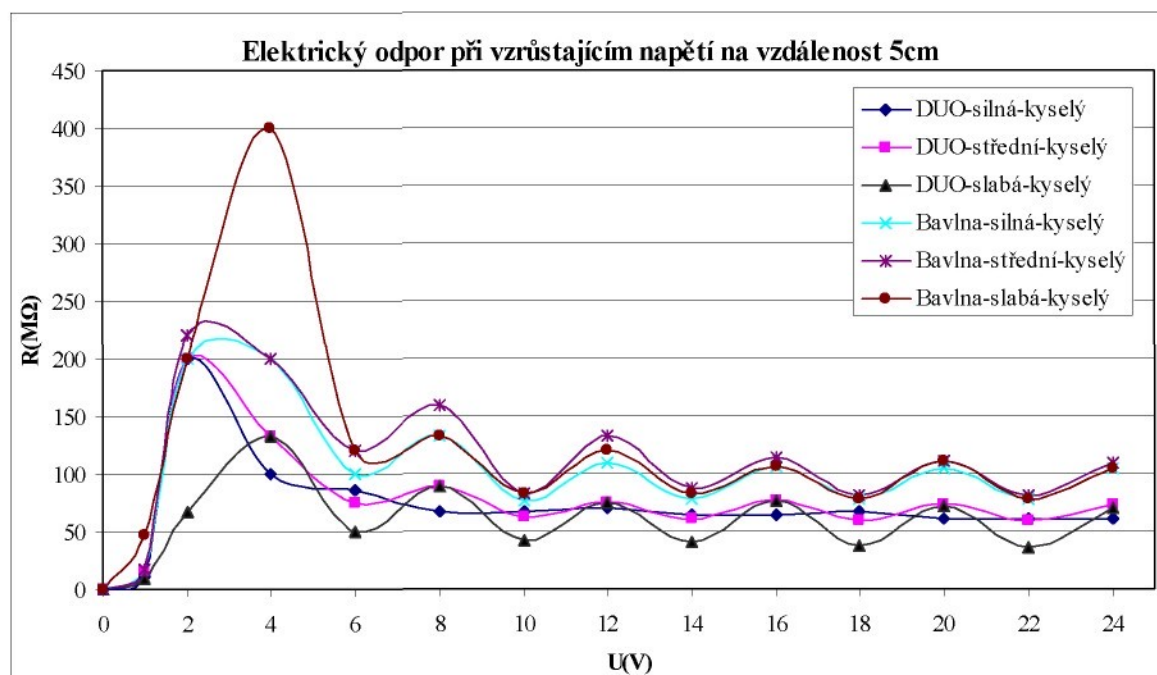
PŘÍLOHA č. 6 – Grafy elektrického odporu v kyselém potu

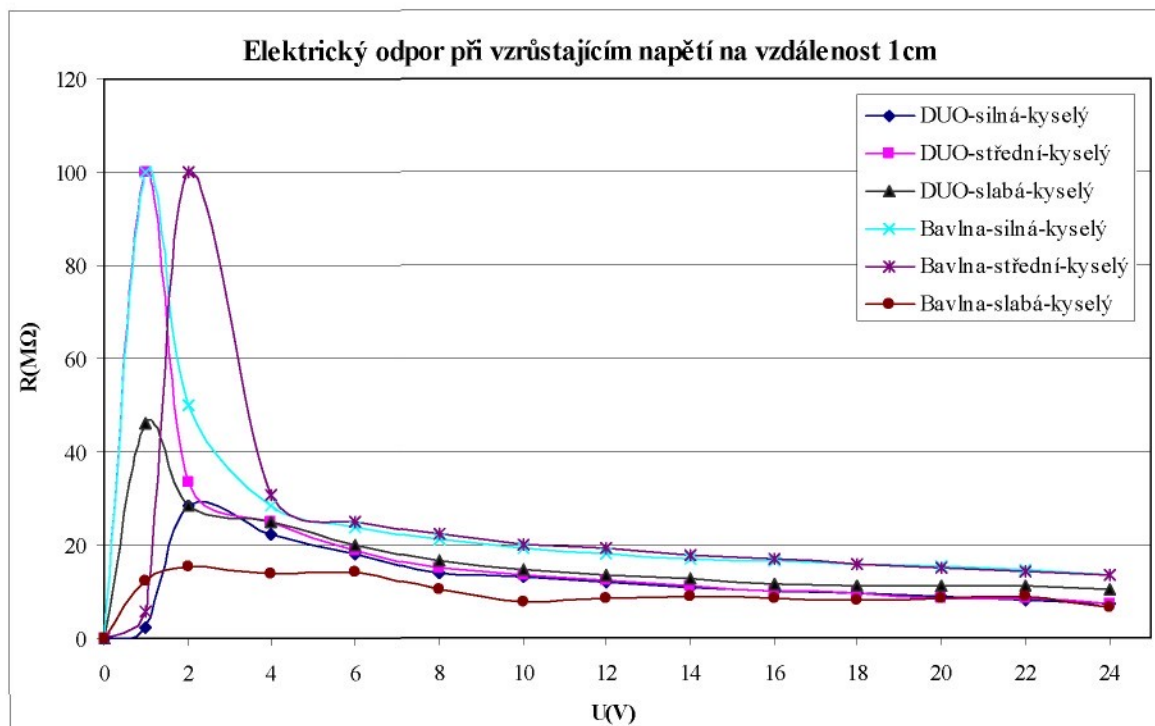
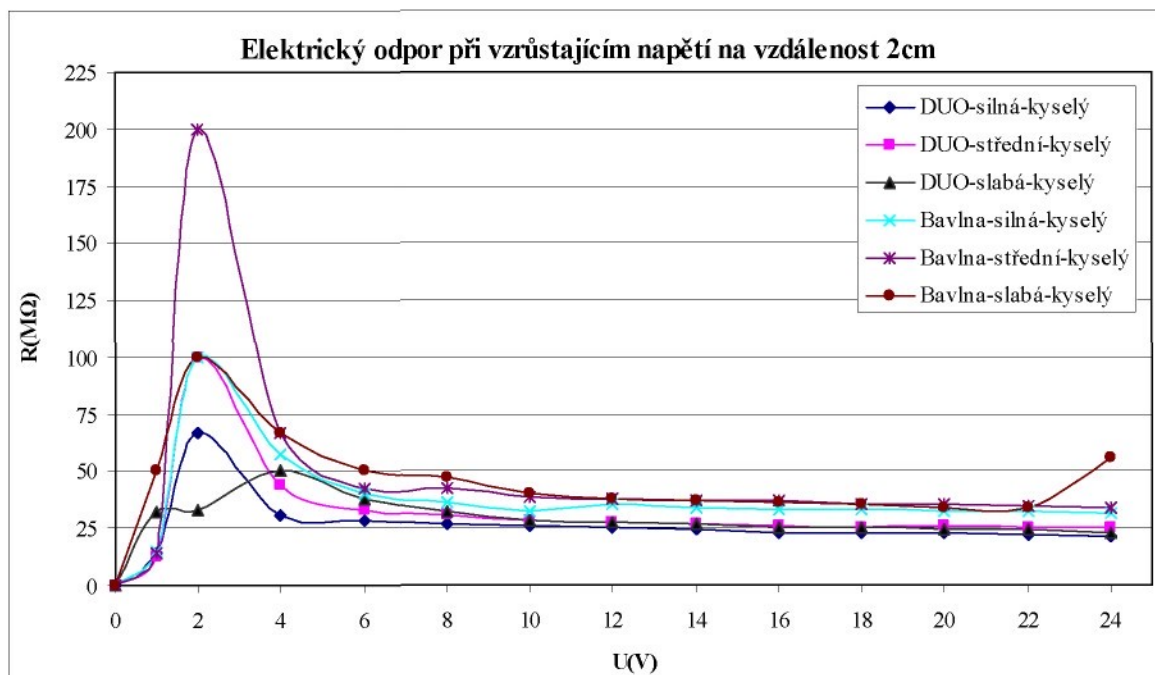
Pro jednotlivá měření v různých vzdálenostech byly zhotoveny grafy. Na grafech je zobrazen elektrický odpor při použití různé síly nitě a rozdílného materiálu v kyselém potu.

Popis legendy:

Materiál DUO ze 100% bavlny a 100% polypropylénu je označen:	DUO.
Materiál ze 100% bavlny je označen:	Bavlna.
Nit VN 12/1x275/100 Z ze 100% ocelových vláken je označena jako:	slabá.
Nit VN 12/2x275/175 S ze 100% ocelových vláken je označena jako:	střední.
Nit VN 12/6x275/120 S ze 100% ocelových vláken je označena jako:	silná.







PŘÍLOHA č. 7 – Tabulky naměřených hodnot ELEKTRICKÉHO ODPORU ($M\Omega$) v alkalickém potu

Legenda k tabulkám:

DUO Materiál používaná na výrobu funkčního prádla složený ze 100% bavlny a 100% polypropylénu

Bavlna Materiál používaný na výrobu triček ze 100% bavlny

Silná Vodivá příze VN 12/6x275/120 S (100% ocelová vlákna)

Střední Vodivá příze VN 12/2x275/175 S (100% ocelová vlákna)

Slabá Vodivá příze VN 12/1x275/100 Z (100% ocelová vlákna)

Vzdálenost: 1cm

U(V)	DUO-silná	DUO-střední	DUO-slabá	Bavlna-silná	Bavlna-střední	Bavlna-slabá
1	0	25	0	100	100	0
2	100	28,57143	40	25	40	200
4	16,66667	17,3913	18,18182	17,3913	28,57143	50
6	9,52381	12,76596	11,32075	16,66667	22,22222	24
8	6,61157	10,81081	7,079646	16,66667	20	19,04762
10	3,937008	9,433962	7,042254	16,12903	17,54386	17,24138
12	4,347826	8,391608	5,633803	14,45783	16,21622	15,78947
14	5,645161	7,608696	5,090909	14,28571	15,21739	15,05376
16	0	7,111111	4,878049	13,11475	14,28571	14,15929
18	0	6,271777	4,958678	12,5	13,74046	13,63636
20	0	5,405405	5,263158	11,62791	12,34568	12,42236
22	0	4,731183	5,641026	10,28037	11,89189	11,64021
24	0	4,262877	5,581395	9,302326	10,9589	10,08403

Vzdálenost: 2cm

U(V)	DUO-silná	DUO-střední	DUO-slabá	Bavlna-silná	Bavlna-střední	Bavlna-slabá
1	0	50	0	0	0	0
2	18,18182	50	66,66667	100	100	0
4	18,18182	33,33333	23,52941	40	57,14286	100
6	15,78947	26,08696	13,63636	33,33333	35,29412	42,85714
8	15,09434	23,52941	11,9403	30,76923	33,33333	38,09524
10	14,70588	21,73913	13,88889	29,41176	32,25806	35,71429
12	13,63636	20,33898	14,11765	27,27273	32,43243	33,33333
14	12,38938	19,44444	12,61261	26,92308	31,11111	31,81818
16	11,03448	18,82353	12,12121	25,80645	29,62963	30,76923
18	9,183673	18,36735	11,53846	26,08696	29,5082	30
20	7,326007	17,24138	11,76471	25,64103	28,98551	29,85075
22	5,759162	16,66667	12,02186	25	28,94737	29,33333
24	5,504587	16,21622	12,12121	24,74227	28,57143	28,91566

Vzdálenost: 3cm

U(V)	DUO-silná	DUO-střední	DUO-slabá	Bavlna-silná	Bavlna-střední	Bavlna-slabá
1	0	100	0	0	0	0
2	66,66667	66,66667	200	100	200	0
4	44,44444	57,14286	57,14286	66,66667	80	133,3333
6	31,57895	37,5	33,33333	46,15385	54,54545	75
8	25,80645	32	28,57143	50	50	53,33333
10	23,25581	28,57143	25,64103	45,45455	47,61905	50
12	20,68966	27,27273	23,52941	44,44444	44,44444	48
14	19,44444	26,41509	22,58065	42,42424	45,16129	46,66667
16	17,2043	25,39683	21,91781	42,10526	45,71429	45,71429
18	15,25424	24,65753	21,42857	41,86047	43,90244	43,90244
20	12,82051	24,09639	20,83333	41,66667	43,47826	41,66667
22	11,16751	23,91304	20	40,74074	41,50943	42,30769
24	9,338521	23,07692	19,67213	40	42,10526	42,10526

Vzdálenost: 5cm

U(V)	DUO-silná	DUO-střední	DUO-slabá	Bavlna-silná	Bavlna-střední	Bavlna-slabá
1	0	100	100	100	0	0
2	200	66,66667	200	200	200	0
4	80	100	80	200	200	400
6	46,15385	50	50	85,71429	100	100
8	38,09524	72,72727	61,53846	114,2857	114,2857	133,3333
10	34,48276	47,61905	41,66667	71,42857	71,42857	76,92308
12	32,43243	66,66667	54,54545	92,30769	85,71429	109,0909
14	31,81818	45,16129	38,88889	70	66,66667	73,68421
16	30,76923	69,56522	50	88,88889	88,88889	100
18	30,50847	43,90244	36,73469	66,66667	66,66667	69,23077
20	30,30303	68,96552	48,78049	90,90909	83,33333	100
22	31,42857	42,30769	34,92063	66,66667	64,70588	66,66667
24	31,57895	64,86486	47,05882	92,30769	85,71429	100

Vzdálenost: 7cm

U(V)	DUO-silná	DUO-střední	DUO-slabá	Bavlna-silná	Bavlna-střední	Bavlna-slabá
1	0	0	0	0	0	0
2	200	200	200	200	0	0
4	100	100	80	200	200	400
6	66,66667	85,71429	75	120	150	150
8	66,66667	72,72727	61,53846	114,2857	114,2857	133,3333
10	55,55556	76,92308	55,55556	100	90,90909	125
12	52,17391	66,66667	54,54545	92,30769	85,71429	109,0909
14	50	70	51,85185	93,33333	87,5	100
16	48,48485	69,56522	50	88,88889	88,88889	100
18	46,15385	69,23077	50	90	81,81818	105,8824
20	44,44444	68,96552	48,78049	90,90909	83,33333	100
22	44	64,70588	47,82609	91,66667	84,61538	100
24	42,85714	64,86486	47,05882	92,30769	85,71429	100

PŘÍLOHA č. 8 – Tabulky naměřených hodnot ELEKTRICKÉHO ODPORU ($M\Omega$) v kyselém potu

Legenda k tabulkám:

DUO Materiál používaná na výrobu funkčního prádla složený ze 100% bavlny a 100% polypropylénu

Bavlna Materiál používaný na výrobu triček ze 100% bavlny

Silná Vodivá příze VN 12/6x275/120 S (100% ocelová vlákna)

Střední Vodivá příze VN 12/2x275/175 S (100% ocelová vlákna)

Slabá Vodivá příze VN 12/1x275/100 Z (100% ocelová vlákna)

Vzdálenost: 1cm

U(V)	DUO-silná	DUO-střední	DUO-slábá	Bavlna-silná	Bavlna-střední	Bavlna-slábá
1	2,4	100	46	100	5,8	12,5
2	28,57143	33,33333	28,57143	50	100	15,38462
4	22,22222	25	25	28,57143	30,76923	13,7931
6	18,18182	18,75	20	24	25	14,28571
8	14,03509	15,09434	16,66667	21,05263	22,22222	10,25641
10	12,98701	13,51351	14,49275	19,23077	20	7,874016
12	11,88119	12,37113	13,33333	17,91045	19,04762	8,571429
14	10,85271	11,11111	12,61261	17,07317	17,72152	8,917197
16	10,19108	10,19108	11,51079	16,66667	16,84211	8,510638
18	9,677419	9,52381	11,04294	15,9292	15,78947	8,219178
20	8,888889	8,368201	11,04972	15,26718	15,03759	8,403361
22	8,178439	8,560311	11,05528	14,56954	14,28571	8,661417
24	7,250755	7,294833	10,38961	13,48315	13,63636	6,366048

Vzdálenost: 2cm

U(V)	DUO-silná	DUO-střední	DUO-slábá	Bavlna-silná	Bavlna-střední	Bavlna-slábá
1	14	12,5	32	15	13,8	50
2	66,66667	100	33,33333	100	200	100
4	30,76923	44,44444	50	57,14286	66,66667	66,66667
6	28,57143	33,33333	37,5	40	42,85714	50
8	26,66667	30,76923	32	36,36364	42,10526	47,05882
10	26,31579	28,57143	28,57143	32,25806	38,46154	40
12	25	27,27273	27,27273	35,29412	37,5	37,5
14	24,13793	26,41509	26,41509	34,14634	36,84211	36,84211
16	23,18841	25,80645	25,39683	33,33333	37,2093	36,36364
18	23,07692	25,35211	25,35211	33,33333	35,29412	35,29412
20	22,47191	25,64103	24,69136	32,25806	35,08772	33,89831
22	21,78218	25,28736	24,17582	31,88406	34,375	33,84615
24	21,05263	25	22,64151	31,16883	33,80282	55,81395

Vzdálenost: 3cm

U(V)	DUO-silná	DUO-střední	DUO-slabá	Bavlna-silná	Bavlna-střední	Bavlna-slabá
1	2,4	18,6	10,5	17	15	50
2	100	200	50	200	200	200
4	57,14286	66,66667	36,36364	80	100	133,3333
6	42,85714	46,15385	31,57895	54,54545	66,66667	85,71429
8	40	44,44444	28,57143	50	57,14286	66,66667
10	38,46154	41,66667	28,57143	45,45455	58,82353	58,82353
12	37,5	38,70968	29,26829	48	54,54545	60
14	36,84211	38,88889	28	48,27586	53,84615	56
16	36,36364	38,09524	27,11864	47,05882	53,33333	53,33333
18	35,29412	37,5	27,27273	46,15385	52,94118	51,42857
20	35,08772	37,03704	27,02703	46,51163	52,63158	51,28205
22	34,375	37,28814	28,20513	45,83333	51,16279	50
24	33,80282	36,92308	27,90698	45,28302	51,06383	50

Vzdálenost: 5cm

U(V)	DUO-silná	DUO-střední	DUO-slabá	Bavlna-silná	Bavlna-střední	Bavlna-slabá
1	11	15,6	10	17	17	47
2	200	200	66,66667	200	220	200
4	100	133,3333	133,3333	200	200	400
6	85,71429	75	50	100	120	120
8	66,66667	88,88889	88,88889	133,3333	160	133,3333
10	66,66667	62,5	41,66667	76,92308	83,33333	83,33333
12	70,58824	75	75	109,0909	133,3333	120
14	63,63636	60,86957	40	77,77778	87,5	82,35294
16	64	76,19048	76,19048	106,6667	114,2857	106,6667
18	66,66667	60	36,73469	78,26087	81,81818	78,26087
20	60,60606	74,07407	71,42857	105,2632	111,1111	111,1111
22	61,11111	59,45946	35,48387	78,57143	81,48148	78,57143
24	61,53846	72,72727	70,58824	104,3478	109,0909	104,3478

Vzdálenost: 7cm

U(V)	DUO-silná	DUO-střední	DUO-slabá	Bavlna-silná	Bavlna-střední	Bavlna-slabá
1	24,9	19,8	1,5	18	10	45
2	200	200	200	200	250	220
4	133,3333	133,3333	133,3333	200	200	400
6	120	100	100	150	200	200
8	114,2857	88,88889	88,88889	133,3333	160	133,3333
10	100	76,92308	76,92308	125	142,8571	125
12	92,30769	75	75	109,0909	133,3333	120
14	93,33333	77,77778	77,77778	107,6923	116,6667	107,6923
16	94,11765	76,19048	76,19048	106,6667	114,2857	106,6667
18	94,73684	75	75	105,8824	112,5	112,5
20	90,90909	74,07407	71,42857	105,2632	111,1111	111,1111
22	91,66667	70,96774	70,96774	104,7619	110	104,7619
24	92,30769	72,72727	70,58824	104,3478	109,0909	104,3478

PŘÍLOHA č. 9 – Tabulky naměřených hodnot ELEKTRICKÉHO ODPORU (Ω) v několikanásobném ohybu

Legenda k tabulkám:

DUO	Materiál používaná na výrobu funkčního prádla složený ze 100% bavlny a 100% polypropylénu
Bavlna	Materiál používaný na výrobu triček ze 100% bavlny
Silná	Vodivá příze VN 12/6x275/120 S (100% ocelová vlákna)
Střední	Vodivá příze VN 12/2x275/175 S (100% ocelová vlákna)
Slabá	Vodivá příze VN 12/1x275/100 Z (100% ocelová vlákna)
Ozdoba	Vodivá příze našitá krycím stehem na povrchu nosné textilie
Šev	Vodivá příze všitá ve vytvořeném švu

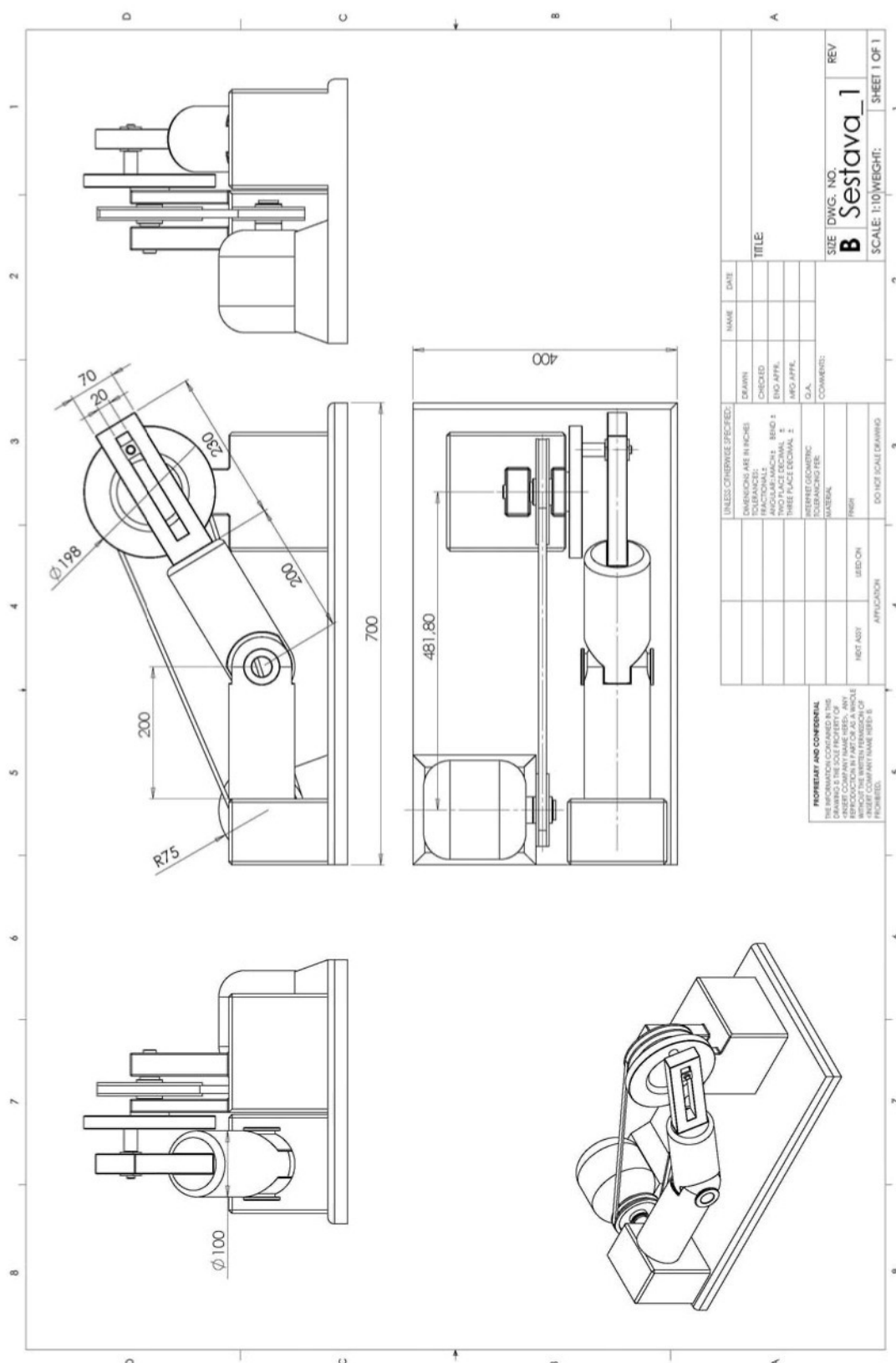
Namáhání z vnitřní strany ohybu

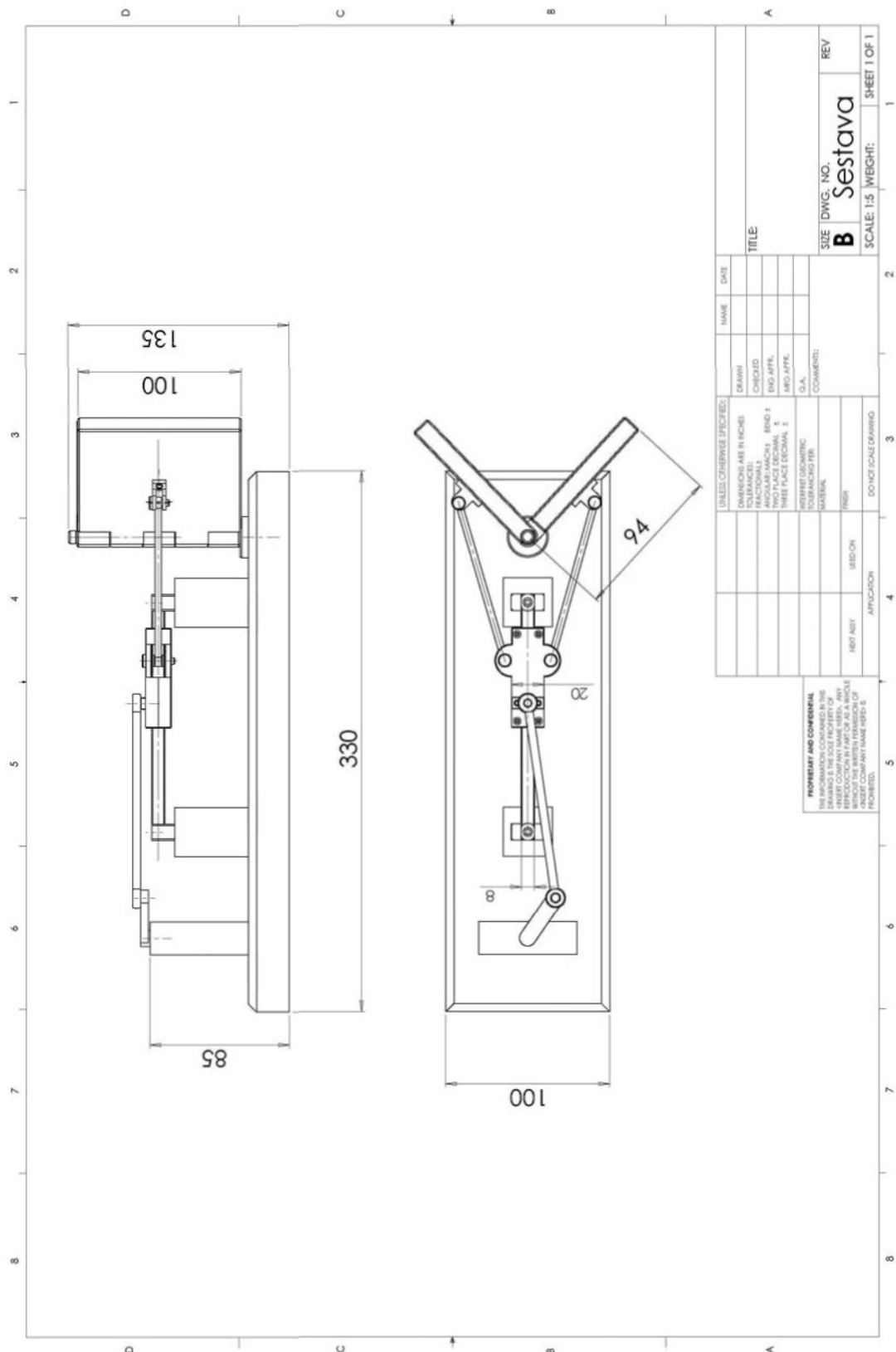
	Před ohybem(Ω)	Po ohybu(o Ω)
DUO		
silná ozdoba	0,871	1,088
silná šev	0,936	1,096
střední ozdoba	2,62	3,053333
střední šev	2,7	4,213333
slabá ozdoba	6,01	6,06
slabá šev	6,14	6,42
Bavlna		
silná ozdoba	0,913	1,048
silná šev	0,958	1,028
střední ozdoba	2,58	2,65
střední šev	3,71	3,4
slabá ozdoba	6,03	6,16
slabá šev	6,28	6,51

Namáhání z vnější strany ohybu

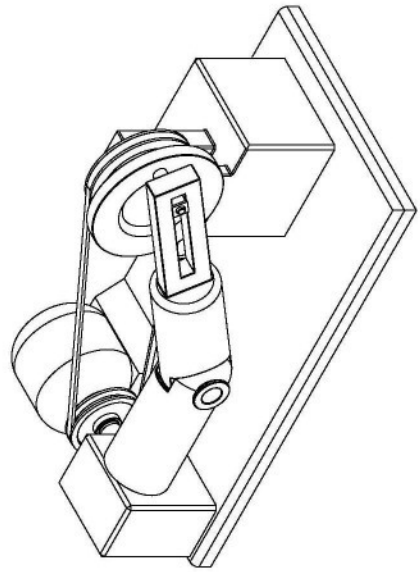
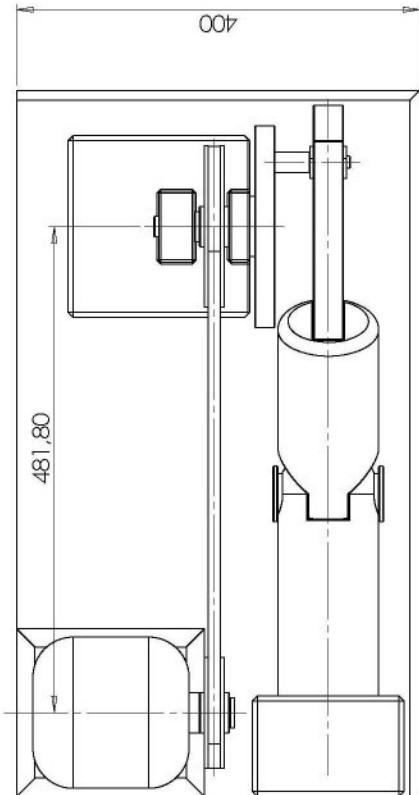
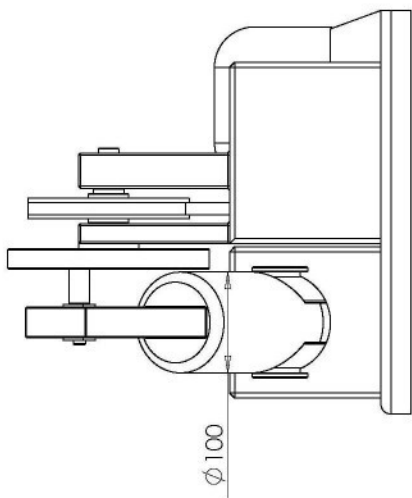
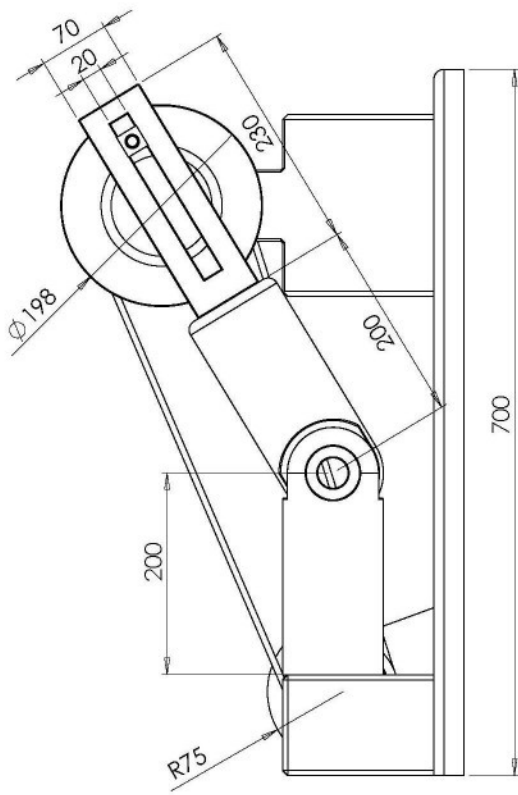
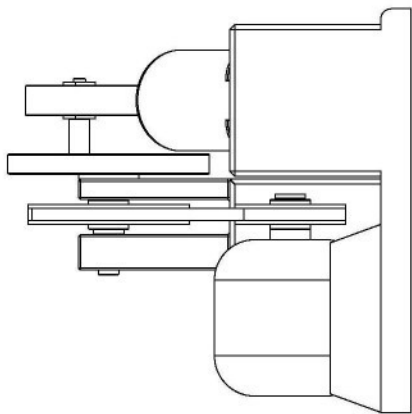
	Před ohybem(Ω)	Po ohybu(o Ω)
DUO		
silná ozdoba	0,756	1,173
silná šev	0,946	1,245
střední ozdoba	2,69	3,293333333
střední šev	2,84	3,533333333
slabá ozdoba	6,15	6,41
slabá šev	6,22	6,88
Bavlna		
silná ozdoba	0,928	1,142
silná šev	0,933	1,095
střední ozdoba	2,68	2,96
střední šev	2,64	2,68
slabá ozdoba	6,16	6,39
slabá šev	6,33	6,67

PŘÍLOHA č. 10 – Technické specifikace přípravků na simulovaný ohyb



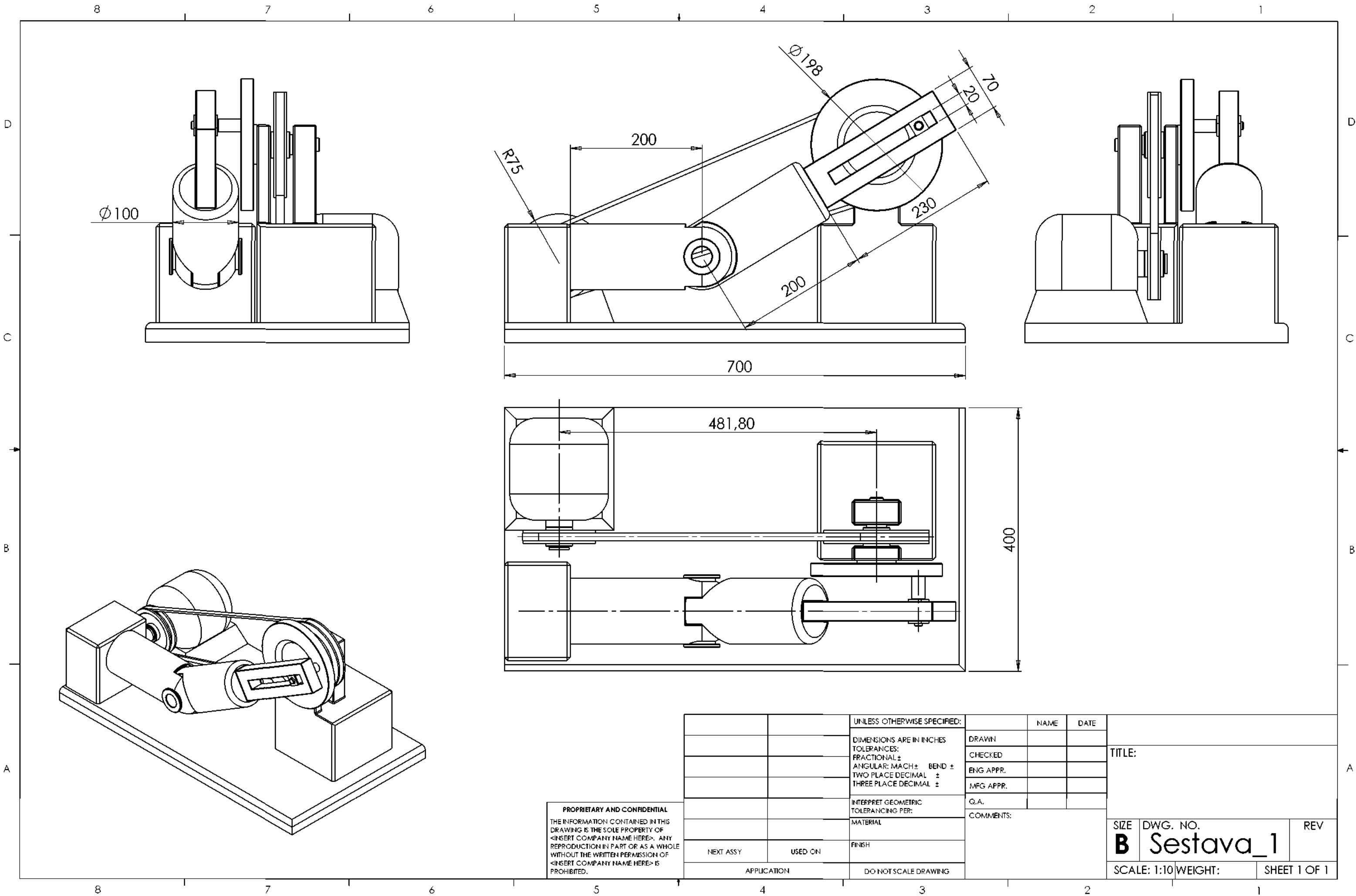


1 2 3 4 5 6 7 8



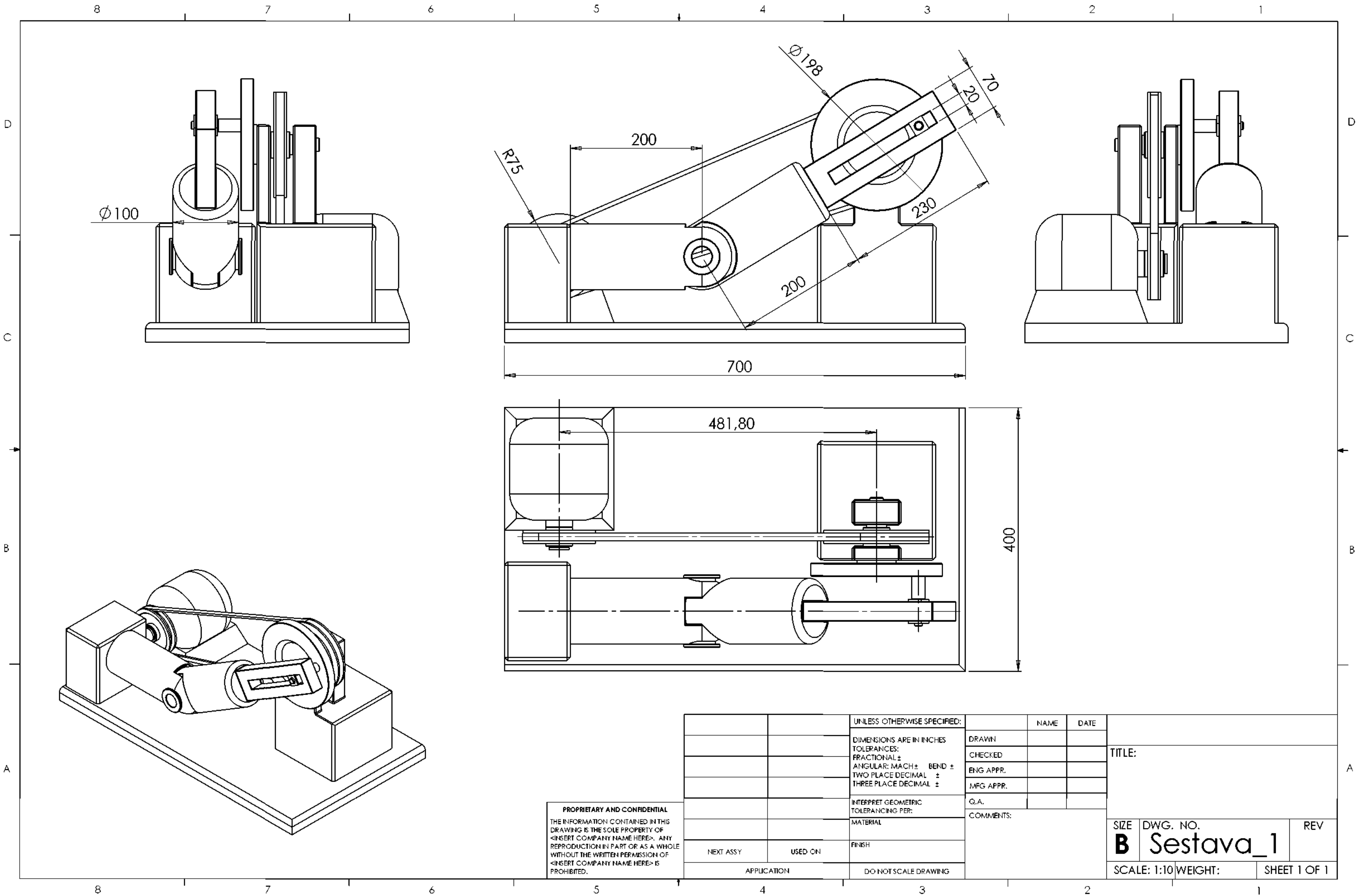
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE	TITLE:		SIZE DWG. NO.		REV
DRAWN	CHECKED					B		Sestava_1
DESIGNED	ENG APPR.							
FRACTIONAL	ENG APPR.							
ANGULAR: MACH. ±	ENG APPR.							
TWO PLACE DECIMAL ±	ENG APPR.							
THREE PLACE DECIMAL ±	ENG APPR.							
INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.							
MATERIAL	COMMENTS:							
FINISH								
USED ON								
NEXT ASSY								
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING		SCALE: 1:10		WEIGHT:		SHEET 1 OF 1

PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL
THE INFORMATION CONTAINED IN THIS
DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF
<INSERT COMPANY NAME HERE>. ANY
REPRODUCTION IN WHOLE OR IN PART
WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF
<INSERT COMPANY NAME HERE> IS
PROHIBITED.



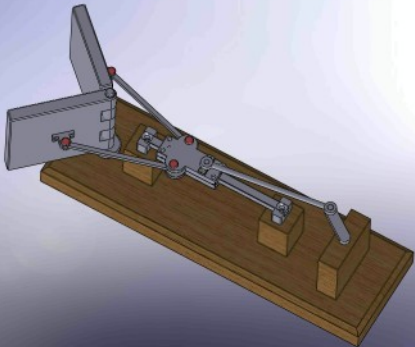
PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL
THE INFORMATION CONTAINED IN THIS
DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF
<INSERT COMPANY NAME HERE>. ANY
REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE
WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF
<INSERT COMPANY NAME HERE> IS
PROHIBITED.

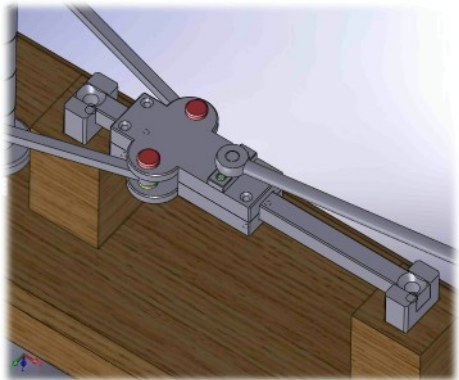
		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE	TITLE:			
		DIMENSIONS ARE IN INCHES TOLERANCES: FRACTIONAL ± ANGULAR: MACH ± BEND ± TWO PLACE DECIMAL ± THREE PLACE DECIMAL ±	DRAWN						
			CHECKED						
			ENG APPR.						
			MFG APPR.						
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	Q.A.			SIZE DWG. NO. REV B Sestava_1			
		MATERIAL	COMMENTS:						
		FINISH							
NEXT ASSY	USED ON								
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING				SCALE: 1:10		WEIGHT:	SHEET 1 OF 1

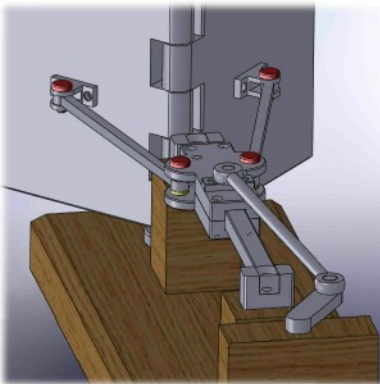


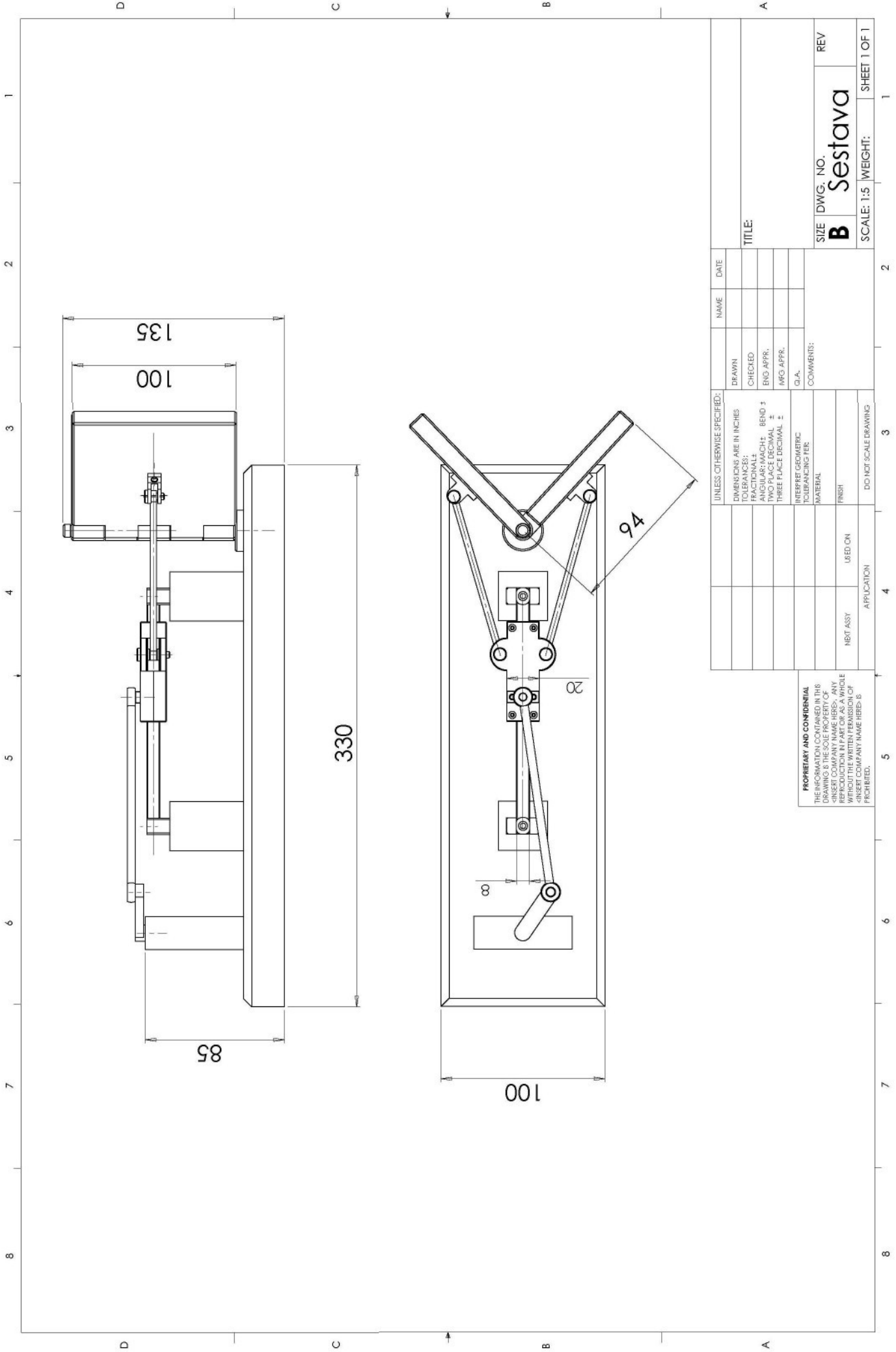
PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL
THE INFORMATION CONTAINED IN THIS
DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF
<INSERT COMPANY NAME HERE>. ANY
REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE
WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF
<INSERT COMPANY NAME HERE> IS
PROHIBITED.

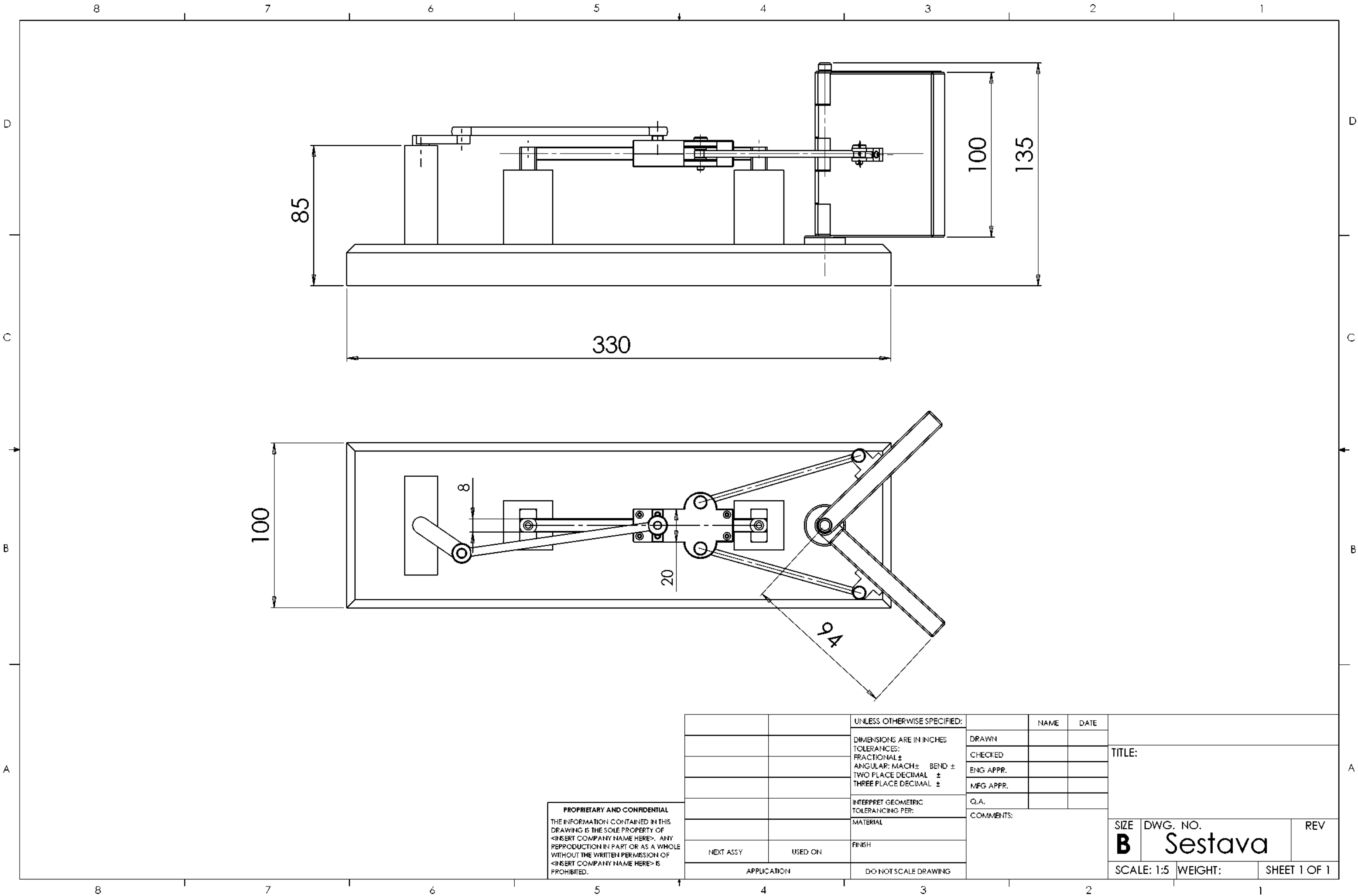
		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE		
		DIMENSIONS ARE IN INCHES		DRAWN		TITLE:	
		TOLERANCES:		CHECKED			
		FRACTIONAL: $\pm$		ENG APPR.			
		ANGULAR: MACH $\pm$ BEND $\pm$		MFG APPR.			
		TWO PLACE DECIMAL $\pm$		Q.A.		COMMENTS:	
		THREE PLACE DECIMAL $\pm$					
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:				SIZE	DWG. NO.
		MATERIAL				B	Sestava_1
		FINISH				SCALE: 1:10	WEIGHT:
NEXT ASSY	USED ON					SHEET 1 OF 1	
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING					

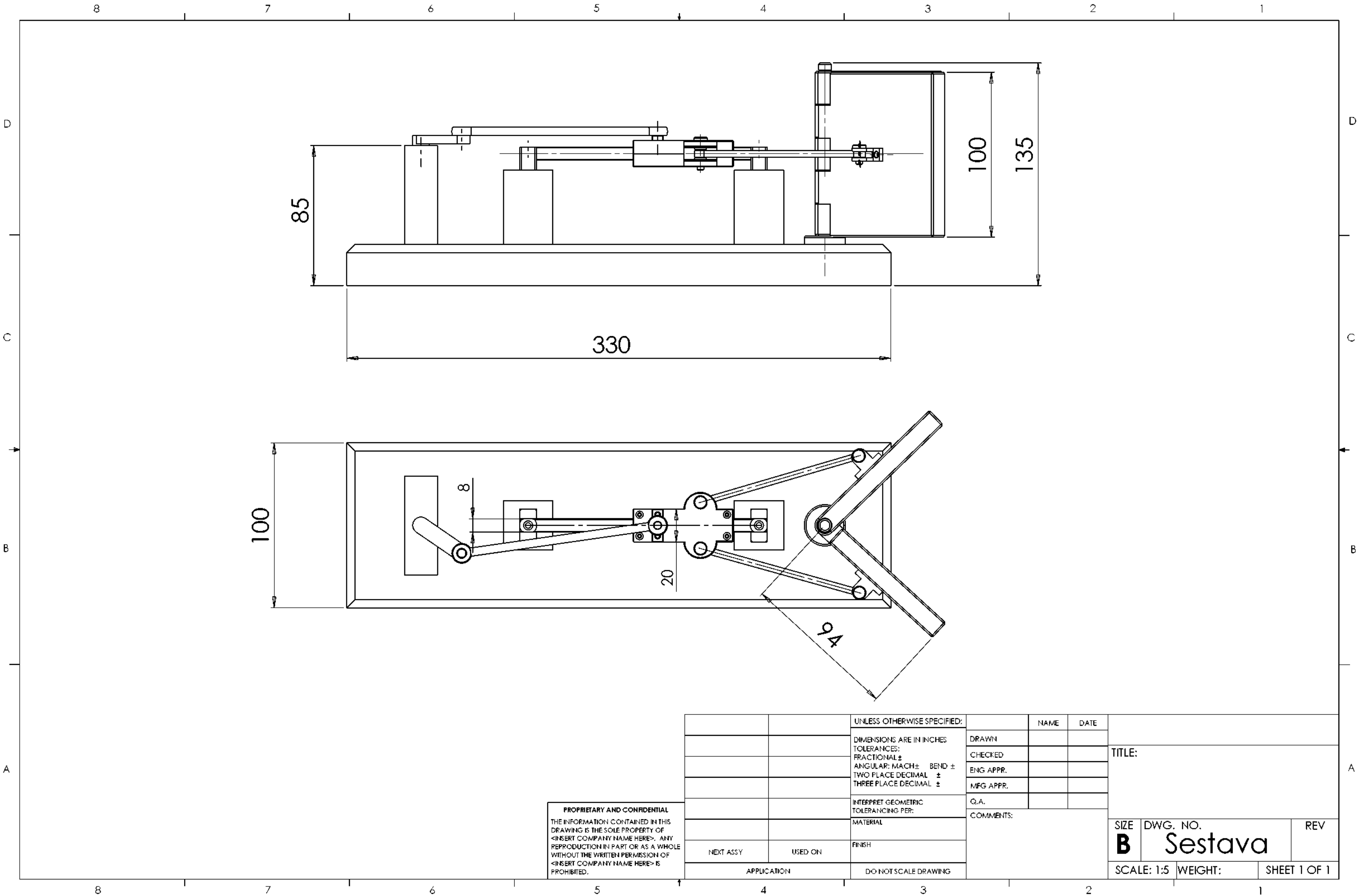












PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL
THE INFORMATION CONTAINED IN THIS
DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF
<INSERT COMPANY NAME HERE>. ANY
REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE
WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF
<INSERT COMPANY NAME HERE> IS
PROHIBITED.

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE	TITLE:		
		DIMENSIONS ARE IN INCHES	DRAWN					
		TOLERANCES:	CHECKED					
		FRACTIONAL ±	ENG APPR.					
		ANGULAR: MACH ± BEND ±	MFG APPR.					
		TWO PLACE DECIMAL ±	COMMENTS:			SIZE	DWG. NO.	REV
		THREE PLACE DECIMAL ±				B	Sestava	
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:				SCALE: 1:5	WEIGHT:	SHEET 1 OF 1
		MATERIAL						
		FINISH						
NEXT ASSY	USED ON							
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING						



























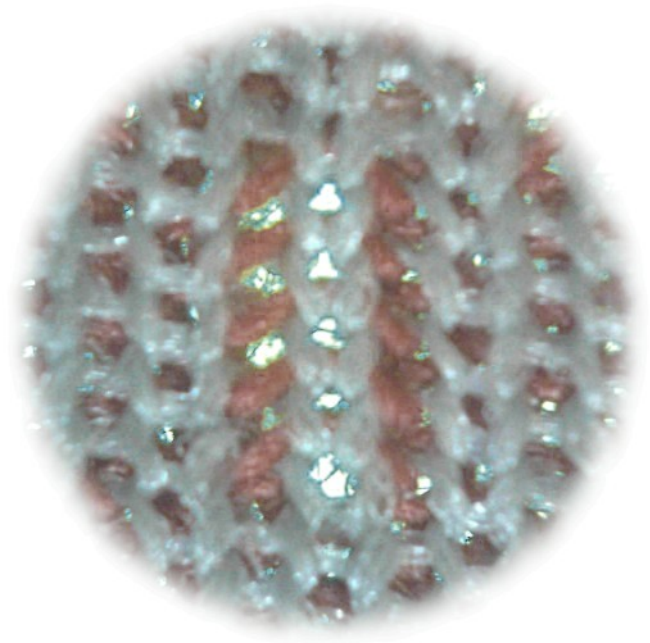




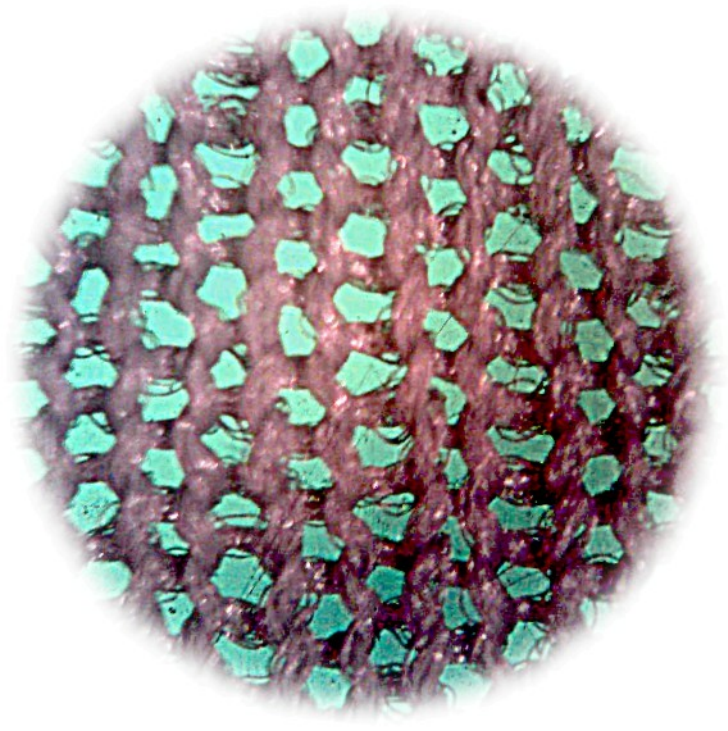


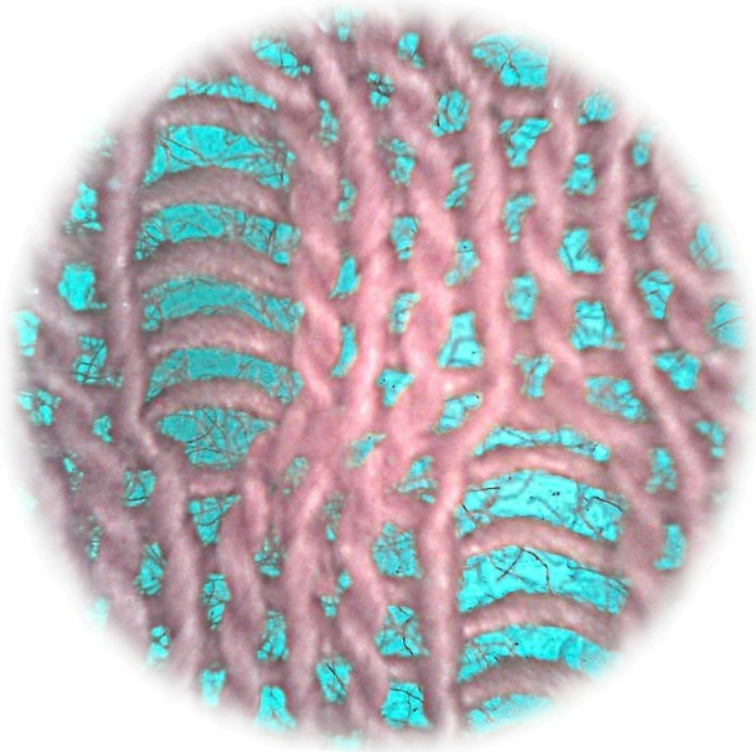






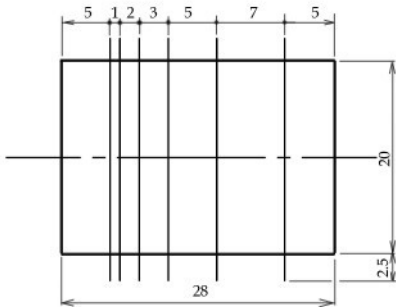






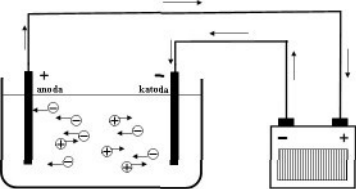










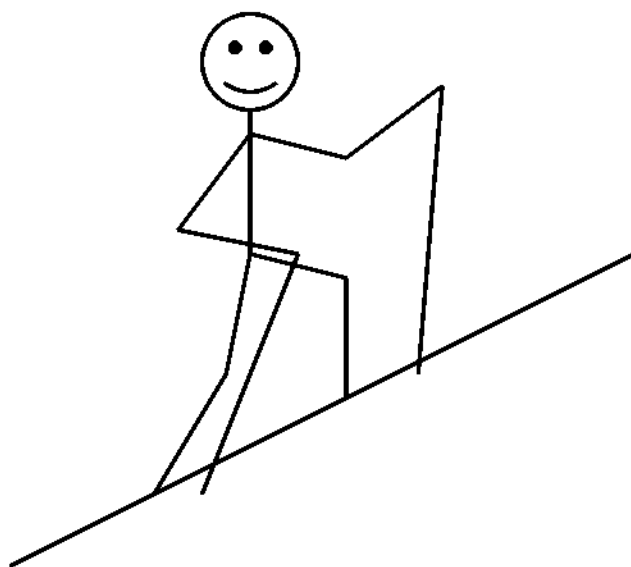


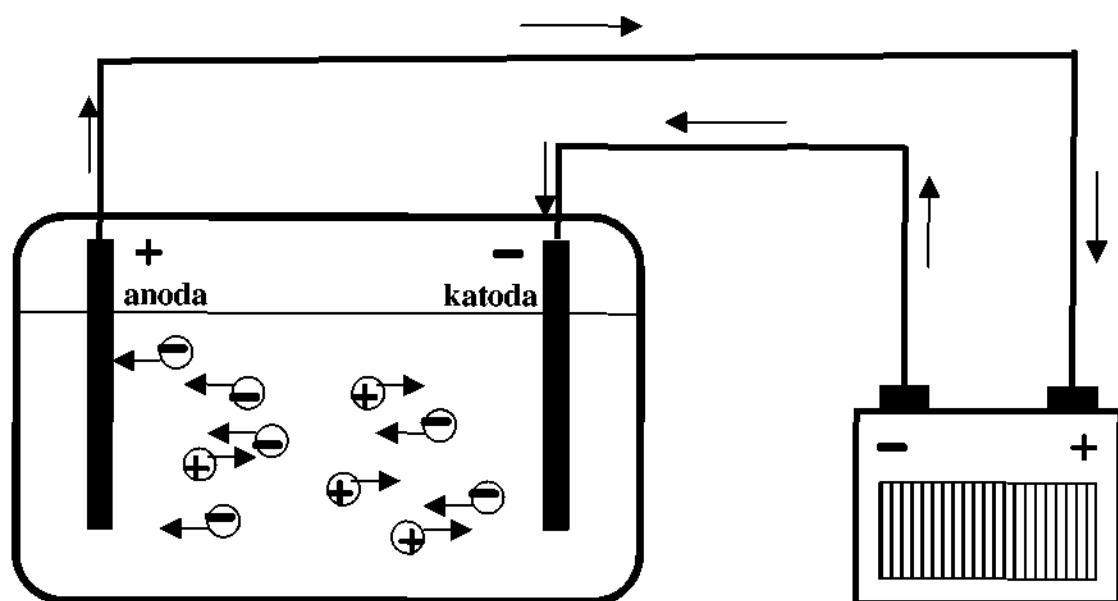


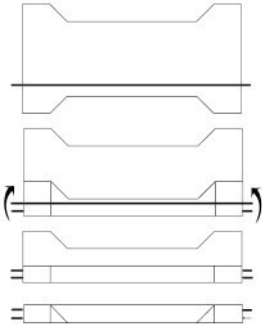












R_1

