

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**  
**Fakulta elektrotechnická**  
**Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**  
**Průmyslové chytré textilie**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
Fakulta elektrotechnická  
Akademický rok: 2017/2018

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan BALABÁN**

Osobní číslo: **E15B0052K**

Studijní program: **B2644 Aplikovaná elektrotechnika**

Studijní obor: **Aplikovaná elektrotechnika**

Název tématu: **Průmyslové chytré textilie**

Zadávací katedra: **Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Popište princip a parametry dostupných průmyslových chytrých textilií.
2. Popište funkční prvky na vláknech využitelné pro průmyslové textilie.
3. Navrhněte nové oblasti použití průmyslových chytrých textilií.

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**

Rozsah kvalifikační práce: **30 - 40 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

**Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.**

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Tomáš Blecha, Ph.D.**


Katedra technologií a měření

Datum zadání bakalářské práce: **10. října 2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **7. června 2018**

  
Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.  
děkan



  
Prof. Ing. Václav Kůs, CSc.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 10. října 2017

**Abstrakt**

Předkládaná práce je zaměřena na problematiku chytrých textilií. Je rozdělena do čtyř částí. První část, teoretický úvod, se zabývá obecnými možnostmi, jak tvořit vodivá vlákna a jak z nich tvořit elektronické prvky v textilu. Druhá část se věnuje technologickým možnostem dostupných vláken a tvorbě komponent z nich. Třetí část se věnuje textilním průmyslovým odvětvím a možnostem uplatnění elektronických komponent v nich. Poslední část je věnována návrhům elektronického textilu pro průmyslové využití.

**Abstrakt**

This work is focused on the issue of smart textiles. It is divided into four parts. The first part, the theoretical introduction, is about general possibilities how to create conductive fibers and how to create electronic elements in textile. The second part is about the technological possibilities of available fibers and the formation of components from them. The third part concern to the textile industrial sectors and the possibilities of using electronic components in them. The last part is focused on proposal of electronic textiles in industrial use.

## **Klíčová slova**

chytré textilie, e-textil, karbonové nanovláknno, textilní elektronické prvky, textilní zobrazovací jednotky, textilní senzor, textilní tranzistor, vodivé polymery, vodivé nitě.

## **Key words**

Smart textiles, e-textile, carbon nanothreads, textil electronic parts, textile display, textile sensor, textile tranzistor, conductive polymers, conductive threads.

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.



podpis

V Plzni dne 3.6.2018

Balabán Jan

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Doc. Ing. Tomáši Blechovi, Ph.D. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

## Obsah

ÚVOD .....	10
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK .....	11
SLOVNÍK DŮLEŽITÝCH POJMŮ AJ-CZ .....	11
<b>1 CHYTRÉ TEXTILIE.....</b>	<b>12</b>
<b>2 ELEKTRONICKÉ PRVKY PRO E-TEXTIL.....</b>	<b>13</b>
2.1 PASIVNÍ SOUČÁSTKY .....	13
2.1.1 Rezistory .....	13
2.1.2 Kondenzátory.....	14
2.1.3 Cívky.....	15
2.2 TECHNOLOGIE VÝROBY VLÁKEN .....	16
2.2.1 Kovová vlákna .....	16
2.2.2 Vlákna z vodivého polymeru.....	17
2.2.3 Tiskové technologie .....	18
2.3 TECHNOLOGIE VÝROBY E-TEXTILU .....	18
2.3.1 Netkaný textil.....	18
2.3.2 Tkaní.....	19
2.3.3 Pletení.....	19
2.3.4 Splétání.....	20
2.3.5 Vyšívání .....	20
2.3.6 Tiskové technologie .....	21
2.4 INTEGRACE E-TEXTILU .....	21
2.4.1 Základní integrace elektroniky .....	21
2.4.2 Částečná integrace elektroniky.....	21
2.4.3 Plná integrace .....	22
<b>3 CHYTRÉ TEXTILIE V PRAXI .....</b>	<b>23</b>
3.1 KONSTRUKČNÍ VLASTNOSTI VODIČŮ PRO CHYTRÉ TEXTILIE.....	23
3.1.1 Kovové vodiče.....	23
3.1.2 Nerezová vlákna .....	23
3.1.3 Barevné kovy .....	24
3.2 UHLÍKOVÉ VODIČE .....	24
3.3 SOLI KOVŮ .....	24
3.4 VODIČE VYUŽÍVAJÍCÍ IONTOVOU VODIVOST .....	25
3.5 SPÍNACÍ PRVKY .....	25
3.6 SENZORY .....	26
3.7 AKTIVNÍ SOUČÁSTKY .....	29
3.7.1 Tranzistory a součástky s PN přechodem.....	29
3.7.2 Napájecí systémy .....	30
3.7.3 Piezoelektrické materiály.....	31
3.7.4 Pyroelektrické materiály.....	32
3.7.5 Triboelektrický jev .....	32
3.8 ZOBRAZOVACÍ JEDNOTKY .....	32
3.8.1 Světelné zobrazovací jednotky .....	32
3.8.2 Nesvětelné zobrazovací jednotky .....	33
3.8.3 Optická vlákna.....	33
3.9 SPOJOVÁNÍ VODIVÝCH VLÁKEN.....	33
3.10 AKTUÁTORY.....	34
<b>4 CHYTRÉ TEXTILIE V PRŮMYSLŮVÝCH APLIKACÍCH.....</b>	<b>34</b>
4.1 AUTOMOBILOVÝ PRŮMYSL.....	34



4.2	STAVEBNICTVÍ .....	35
4.3	AGRÁRNÍ PRŮMYSL .....	36
4.4	KONFEKČNÍ TEXTIL .....	37
4.5	BYTOVÝ TEXTIL .....	38
4.6	KOBERCE.....	38
<b>5</b>	<b>NÁVRH VYUŽITÍ E-TEXTILU PRO PRŮMYŠLOVOU VÝROBU .....</b>	<b>38</b>
5.1	STANY SE SOLÁRNÍ PLACHTOU .....	38
5.2	PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ POMOCÍ E-KOBERCE.....	39
5.3	ZABEZPEČOVACÍ SYSTÉM PRO NÁKLADNÍ DOPRAVU .....	41
	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>43</b>
<b>6</b>	<b>BIBLIOGRAFIE .....</b>	<b>44</b>
<b>7</b>	<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>46</b>
7.1	PŘÍLOHA 1 – TECHNICKÝ LIST VODIVÉHO VLÁKNA .....	46
7.2	PŘÍLOHA 2 - DODAVATELÉ VODIVÝCH VLÁKEN A LÁTEK.....	48
7.3	PŘÍLOHA 3 – SCHÉMA VÝROBY TECHNICKÝCH TEXTILÍ.....	49

## Úvod

V posledních letech se elektronika zaměřovala na zmenšování elektronických komponentů, vícevrstvé a flexibilní substráty. Při použití flexibilních substrátů je důležité, aby mezi součástkou a substrátem nevznikalo mechanické napětí, které by vedlo k rychlému poškození a následné poruše. Jako jeden z možných flexibilních substrátů je možné použít látku, což přináší nové výzvy a úkoly, jak vytvořit elektronické prvky na/vně textilního substrátu.

Látky, které v sobě nesou nějakou další funkcionalitu – přidanou hodnotu – souhrnně nazýváme chytrý textil. Podskupinou chytrého textilu je pak e-textil, který se pokouší integrovat elektroniku do látky. Tyto látky si musejí zachovávat základní funkčnosti jako je poskytování tepelného komfortu a musí splňovat vysoké nároky módního designu. Vývoj se tedy zaměřil na nové druhy vodivých i polovodivých vláken, nových postupů, jak takováto vlákna spojovat, jak na ně kontaktovat elektronické čipy a jak vytvářet ucelené elektronické systémy integrované v textilu.

Elektronický systém jako celek si můžeme rozdělit do několika problematik: napájení systému, senzory, aktuátory, propojovací cesty, zpracování dat a komunikace se zařízeními, která spolupracují s nadřazeným systémem. Většinou se jedná o zasílání primárních dat na zpracování.

Cílem této bakalářské práce je poskytnout základní informace k tvorbě chytrého textilu, technologickým možnostem a v posledních dvou kapitolách se věnovat možnostem využití chytrého textilu v průmyslu. Bohužel většina detailů k těmto systémům je přísně tajena, proto má většina informací obecný charakter.

## Seznam symbolů a zkratek

$P$	.....	Výkon [W ]
$U$	.....	Elektrické napětí [V ]
$I$	.....	Elektrický proud [A ]
$R$	.....	Elektrický odpor [ $\Omega$ ]
$\rho$	.....	rezistivita neboli měrný elektrický odpor [ $\Omega m$ ]
$C$	.....	Elektrická kapacita [F ]
$\epsilon_0$	.....	Permitivita vakua - $8,85 \cdot 10^{-12}$
$\epsilon_r$	.....	Relativní permitivita
$L$	.....	Indukčnost [H ]
$\mu_0$	.....	Permeabilita vakua - $4\pi \cdot 10^{-7}$
$\mu_r$	.....	Relativní permeabilita
$N$	.....	Počet závitů
$\phi$	.....	Magnetický indukční tok [Wb ]
$G$	.....	Elektrická vodivost [S]
$PCM$	.....	Phase change material (materiál využívající změny skupenství)

## Slovník důležitých pojmů AJ-CZ

<i>Smart textil</i>	.....	chytrá textilie
<i>Smart garments</i>	.....	chytrý oblek
<i>Smart gadgets</i>	.....	chytré zařízení
<i>Embroidery</i>	.....	vyšívání
<i>Weaving</i>	.....	tkaní
<i>Knitting</i>	.....	pletení
<i>Fabric</i>	.....	látka, tkanina
<i>Yarn</i>	.....	příze, vlákno
<i>Braided</i>	.....	splétání

## 1 Chytré textilie

Chytrá textilie je souhrnný název pro textil, který poskytuje kromě základních funkčních vlastností ještě další přidanou hodnotu, vlastnost. Může se jednat o vylepšené možnosti termoregulace, odvodu vlhkosti, změny barvy na základě změny podmínek atd. [12] Využívá se různých fyzikálních poznatků a technologických možností. Například pro termoregulaci se využívá materiálů označovaných jako PCM (phase change material). Jedná se o materiál, který využívá změny skupenství, fenoménu, kdy v okolí teploty měnícího se skupenství je pro dosažení této změny potřeba dodat nebo odebrat nejvíce energie. Jedná se tedy o materiál, který je do jisté míry schopen absorbovat nebo naopak vydat energii, navenek bez materiálové změny.



**Obrázek 1-1**  
**Příklad chytrého obleku.**  
Chytrý zásahový oblek vyvinutý  
v RICE ve spolupráci s firmou  
Applycon a Vochoc pro hasiče  
[13]

Nás ale budou nejvíce zajímat materiály spojené s elektronikou, které lze jako podskupinu chytrého textilu souhrnně nazývat e-textil. E-textil je tedy obor, který se snaží integrovat elektroniku do textilu. Využití nachází především v oborech: zdravotnictví, bezpečnostní složky a sport. Můžeme ho také rozdělit do dvou odvětví, a to na smart garment (inteligentní nebo chytrý oblek) a smart gadgets (chytré přístroje).

Smart garments se zaměřují na vývoj obleků. Takové obleky mohou sledovat životní funkce osoby, diagnostikovat okolí, odesílat informace do centrálního počítače a zároveň umí přijímat i řídicí informace, které pak dané osobě předá, či automaticky změni nastavení (například vyhřívání, barvu látky) atd.



**Obrázek 1-2**  
**Příklad chytrého zařízení.**  
Cyklistická vesta vyvinutá  
Technickou univerzitou v Liberci  
[17]

Smart gadgets se pak zaměřují na menší aplikace, které se dají uplatnit takřka všude kolem nás. Jedná se o různé senzory integrované do náramků, různých pásků, bot, triček, komunikujících pak převážně s aplikacemi chytrých telefonů atd.

Základní požadavky na inteligentní textilie vždy vyplývají z konkrétní aplikace, nicméně mezi nejčastější požadavky, se kterými se musíme vypořádat, patří hlavně tyto: ohebnost, pružnost, otěruvzdornost, pratelnost, pohodlnost, antialergenost.

Nejedná se samozřejmě o kompletní výčet požadavků, ale o hlavní problémy, které je často těžké dodržet. Například ohebnost a pružnost se úplně neslučuje s požadavky na stabilní elektrické parametry. Nošení pak zvyšuje nároky na otěruvzdornost a antialergenost. Velký problém však způsobuje požadavek na pratelnost, jelikož zde působí zároveň mechanické namáhání na vlákna (ohyb, otěr...) s chemickým působením pracích prostředků.

## 2 Elektronické prvky pro e-textil

### 2.1 Pasivní součástky

Pasivní elektrotechnická součástka je definována jako součástka, která se nechová v obvodu jako zdroj, zároveň pro zpracování signálu nepotřebuje dodatečné napájení. Jejich voltampérová charakteristika pak musí procházet počátkem. Jedná se tedy o základní součástky pro elektrotechniku: rezistor (vodič), kondenzátor, indukčnost.

#### 2.1.1 Rezistory

Jedná se o součástku, u které je převládající vlastnost elektrický odpor. Rozlišujeme rezistor s pevným odporem a s proměnným odporem. U proměnných odporů je pro nás důležité chování změny odporu v nějaké závislosti např. na okolním prostředí (teplota, světlo, dynamické namáhání atd.).

Základní vztahy:

$$P = U * I = I^2 * R = \frac{U^2}{R} [W] \quad (1)$$

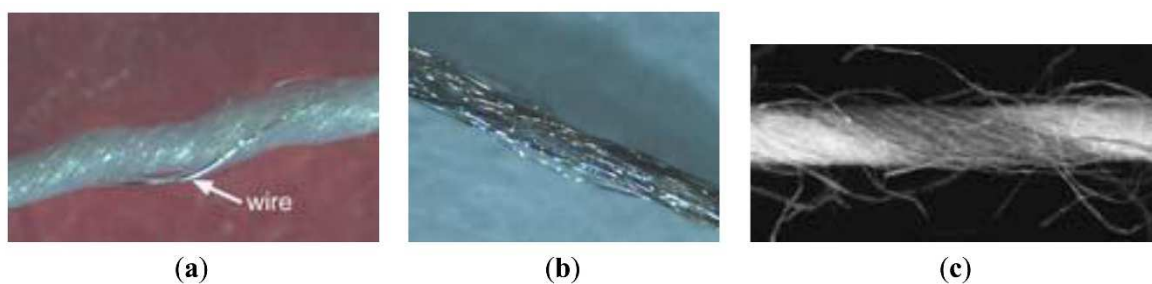
$$R = \rho * \frac{l}{S} [\Omega] \quad (2)$$

$$G = \frac{1}{R} [S] \quad (3)$$

První vztah ( 1 ) nám udává ztrátový výkon, který je vždy převáděn na teplo což nám udává zatížitelnost rezistoru.

Druhý vztah ( 2 ) nám udává konstrukční návod. Výsledný odpor je roven materiálové konstantě, která je násobena délkou ku ploše. Odpor nám tedy poroste s délkou materiálu a se zmenšováním plochy (průměru). S elektrickým odporem se pak váže také elektrická vodivost, která je dána vztahem ( 3 ).

Pro výrobu rezistorových vláken lze využít technologie naprašovací – pokovovací, kde je možné řídit výsledný odpor nárůstem pokovované vrstvy na nosném vláknu, nebo vlákna na bázi vodivostních polymerů, kde vodivost řídíme dopováním. U obou technologií lze vytvářet výsledný odpor buď pomocí celé délky použitého vlákna, nebo lokálně. Pro přesnou lokální změnu vodivosti je velice výhodné použít polymerních vláken a cíleně dopovat jen vybranou oblast i za využití různých masek. Principiálně by se tento postup dal připodobnit justování.



**Obrázek 2-1**  
**Vodivé vlákno vytvořené a) kroucením – twisted, b) metalické pokovení přírodního vlákna, c) nit tvořená vodivými mikrovláknny.**  
 [23]

### 2.1.2 Kondenzátory

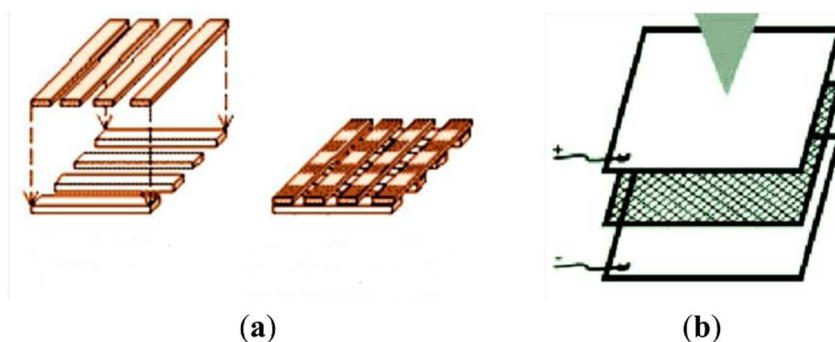
Součástí kondenzátor definuje převládající vlastnost kapacita. Obecně je kondenzátor vždy složen ze dvou elektrod, které jsou odděleny nevodivým dielektrikem (což může být i

vzduch). Jako elektrody mohou sloužit i dva vodiče vedle sebe, což je důvod vznikajících parazitních kapacit. Čím vyšší napětí, tím musí být kvalitnější dielektrikum.

Základní vztah:

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{S}{d} [F] \quad (4)$$

Kde  $\varepsilon_0$  je permitivita vakua a  $\varepsilon_r$  relativní permitivita, obě veličiny nám pak udávají tzv. materiálovou konstantu. Dále je pak kapacita závislá na ploše elektrod  $S$  ku vzdálenosti mezi elektrodami  $d$ . Vidíme tedy, že kapacita nám poroste s plochou elektrod a se zmenšující se vzdáleností mezi elektrodami. Uvedený vztah (4) je výsledkem pro výpočet jednoduchého deskového kondenzátoru a je použit jen pro představu. Pro složitější konstrukce je třeba vycházet z příslušných Maxwellových rovnic.



Obrázek 2-2 Ukázka tvorby textilního kondenzátoru,  
a) kapacita mezi vlákny b) kapacita mezi vrstvami látky  
[23]

V e-textilových aplikacích lze předpokládat použití velice nízkých napěťových hodnot, řádově jednotky voltů, čímž se na dielektrikum nekladou nijak extrémní požadavky. Tvorba kondenzátorů je pak možná buď skládáním vrstev (sendvičovitě), nebo např. pletením.

### 2.1.3 Cívky

Cívka je definována převládající vlastností, indukčností. Indukčnost nám vyjadřuje velikost magnetického toku při jednotkovém elektrickém proudu. Jedná se o konstrukčně nejsložitější součástky.

Základní vztah:

$$L = N \frac{\phi}{I} = \mu_0 \mu_r N^2 \frac{S}{l} [H] \quad (5)$$

Obdobně jako u předchozích dvou komponent je i tento tvořen materiálovou konstantou,  $\mu_0$  a  $\mu_r$  ( $\mu_0$  – permeabilita vakua,  $\mu_r$  – permeabilita materiálu) násobenou obsahem průřezu cívky ku délce cívky. Ze vztahu (5) vyplývá, že indukčnost nám poroste s počtem závitů, rostoucí plochou průřezu vodiče a zmenšující se délkou cívky.

Jak bylo již naznačeno, cívka je zpravidla tvořena závitů vodiče, kdy pro zlepšení magnetického obvodu doprostřed závitů vkládáme jádro (pro usměrnění magnetického toku). Opět se jedná o vztah pro jednoduchou válcovou cívku, pro složitější konstrukce je třeba opět vycházet z Maxwellových rovnic.

Výroba indukčností je velice omezena jak z hlediska konstrukčních možností, tak z hlediska výkonů. Obdobně jako u cívek tvořených na plošných spojích, lze je vytvářet pomocí spirálových motivů např. technologií tisku nebo vyšíváním takového motivu.



Obrázek 2-3  
Příklad vyšité spirálové  
cívky měděnou nití  
[9]

## 2.2 Technologie výroby vláken

Pro výrobu chytré textilie je základ ve vodivém vláknu, které bude rozvádět napájení, signály z jednoho místa do druhého, propojovat čipy a senzory. Dále pak můžeme za určitých okolností použít vodivé vlákno i jako senzor, či akční člen.

### 2.2.1 Kovová vlákna

Čistě kovová vlákna se vyrábějí protlačováním a tažením. Tímto postupem je možné získat vlákna o průměru kolem 5  $\mu\text{m}$ , speciálními postupy pak až 0,15  $\mu\text{m}$  (ty ale nejsou zatím nasazovány do výroby). Vyrábějí se v různých průřezech od běžných kruhových, přes obdélníkové po různé pásy. Nejčastěji používané materiály jsou ocel, měď, zlato, stříbro, hliník. Tato vlákna – drátky nejsou novinkou, již řadu let se využívají na výrobu různých opletů, punčošek, filtrů atd., které se vyrábějí většinou splétací technologií 2.3.4.

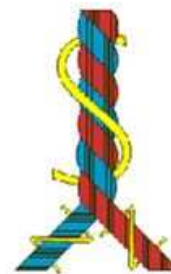


### 2.2.1.1 Přírodní vlákno s kovovým jádrem

Jako základ je použité přírodní vlákno, nejčastěji z bavlny, polyesteru, viskózy. Kovový drátek je pak vtačován do přírodního vlákna.

### 2.2.1.2 Ovíjení přírodního vlákna kovovým

Jednoduchá technologie založená na stáčení dvou vláken (přírodní a kovové), podobným způsobem se vytváří jak nitě, tak provazy. Tato metoda výroby je jednoduchá a lze jí lehce použít průmyslově. V příloze 7.1 je uveden příklad technického listu takového vlákna.



Obrázek 2-4  
Princip ovíjeného vlákna.  
7.1

### 2.2.1.3 Pokovování přírodního vlákna

Pokovování může být prováděno technologiemi chemického pokovování (případně i galvanickým pokovováním) nebo naprašováním. Takto vytvářená vlákna mají často problém s obrušováním vodivé vrstvy. To se dá částečně ošetřit nanesením další, tentokrát krycí vrstvy. Touto technologií se vyrábějí jak vlákna s kovovým pokovením, tak také velice oblíbená vlákna s nanesenou uhlíkovou vrstvou.

### 2.2.1.4 Hybridní metalická vlákna

Výroba hybridních metalických nití je založená na použití utrajemných kovových vláken, které se kombinují s přírodním vláknem. Z nich se skaním vytvoří nit. Příkladem jsou nitě české firmy Clevertex [3]. Technický list k těmto nitím je uveden v příloze 7.1.

## 2.2.2 Vlákná z vodivého polymeru

Za zvláštní pozornost pak stojí využití vodivých polymerů. Jejich výroba je na základě nanášení vodivého polymeru na přírodní vlákno. Vodivé polymery využívají převážně děrové vodivosti i když lze vytvořit i elektronovou. Jejich vodivost se může pohybovat od polovodičů až po horší vodiče. Výhodou vodivého polymeru je, že ho můžeme různě dotovat a tím ovlivňovat jeho vlastnosti. Dotování polymeru lze provádět jak již při výrobě vlákna, tak až po zapracování vlákna do textilu.

### 2.2.3 Tiskové technologie

I když se nejedná o výrobu vodivého vlákna, přesto se jedná o technologii, kterou nelze opominout, neboť pomocí tisku dokážeme vytvářet vodivé motivy. Vodivé barvy můžeme rozdělit do dvou kategorií. První jsou barvy s příměsí kovových pilin, druhou kategorií je využití vodivých polymerů. Lze využít již zavedených technologií síťotisku, běžného tisku i 3D tisku. Je jednoduché



Obrázek 2-5  
Ukázka vytvořené vodivé cesty na látce.  
[10]

navrhovat funkční schémata v nejrůznějších programech. K tisku pak můžeme přidružit technologii vytváření vodivostního obrazce chemickým procesem, což je využitelné u vodivostních polymerů.

## 2.3 Technologie výroby e-textilu

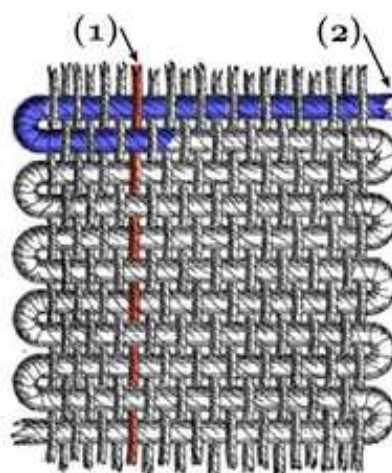
Způsob výroby chytrého textilu vychází z již tradičních postupů výroby běžného textilu jako je tkaní, pletení atd. Detaily technik jsou rozebrány v následujících kapitolách. Je zřejmé, že je třeba zavádět nové postupy a technologie, které nám umožní především efektivní průmyslovou výrobu a které jsou dány specifickým novými materiály. Je zapotřebí kombinovat poznatky textilní výroby, elektrotechniky, moderní fyziky a chemie. Za zásadní při průmyslové výrobě můžeme považovat především dvě oblasti. První oblast je úprava strojů (technologií) tak, aby mohly pracovat i s vodivými vlákny, aniž by je poškozovaly. Druhá oblast je vývoj software, který umožní zjednodušit návrh a samozřejmě umožní propojení s výrobními stroji.

### 2.3.1 Netkaný textil

Jedná se o technologii, která je založena na spojování vláken, nebo jen fragmentů vláken. Nejstarší záznamy o této technologii jsou již před naším letopočtem, kdy se jednalo o plstění vlny. V současnosti se jedná o nejčastěji využívanou technologii pro výrobu z moderních nanovláken. Do této látky je těžké vpravit vodivý motiv, ale je vhodná jako základní substrát, kdy vodivé cesty tvoříme tiskem 2.3.6 nebo vyšíváním 2.3.5.

### 2.3.2 Tkaní

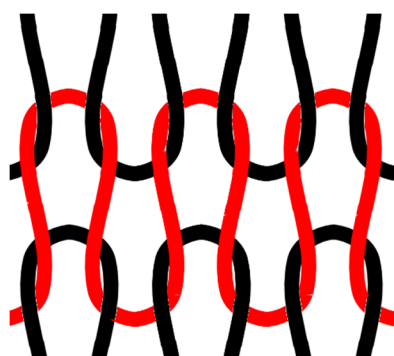
Tkaní je proces, kdy na rámu máme natažená vlákna (tzv. „osnova“) a tato vlákna provazujeme dalším vláknem (tzv. „útek“). Útek vždy prochází celou šířkou osnova, nepřerušuje se. Tato skladba je pravidelná s vysokou přesností. Existuje široká řada vazeb, které se používají a které nám určují mechanické (užitné) a vzhledové vlastnosti. Použitím konkrétní vazby pak dokážeme ovlivňovat i elektrické vlastnosti plátna. Také se jedná o výrobu s nejrychlejším přírůstkem, na což se nám vážou i ekonomické náklady.



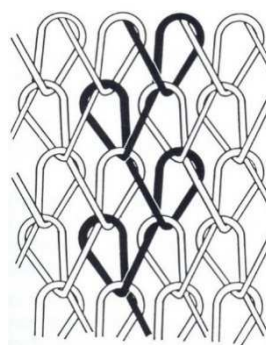
Obrázek 2-6  
Plátěná vazba. (1) osnova, (2) útek.  
[27]

### 2.3.3 Pletení

Pletení, je druhá velice rozšířená technologie. Pod tuto technologii zařadíme i podobné technologie jako je háčkování, uzlíkování, paličkování. Jedná se o proces, kdy provazujeme jedno, nebo více vláken (od tkaní se nám zásadně liší tím, že se může použít jen jedno vlákno). Tento druh textilie je velice prodyšný a má značnou roztažnost – elasticitu, která je dána převážně velikostí ok. Roztažnost a elasticita zde není dána jen vlastnostmi vlákna, ale je určena z velké míry použitou vazbou.



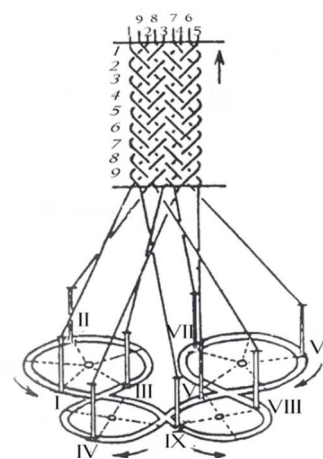
Obrázek 2-7  
Pletená vazba zátažná.  
[28]



Obrázek 2-8  
Pletená vazba jednolící osnovní.  
[28]

### 2.3.4 Splétání

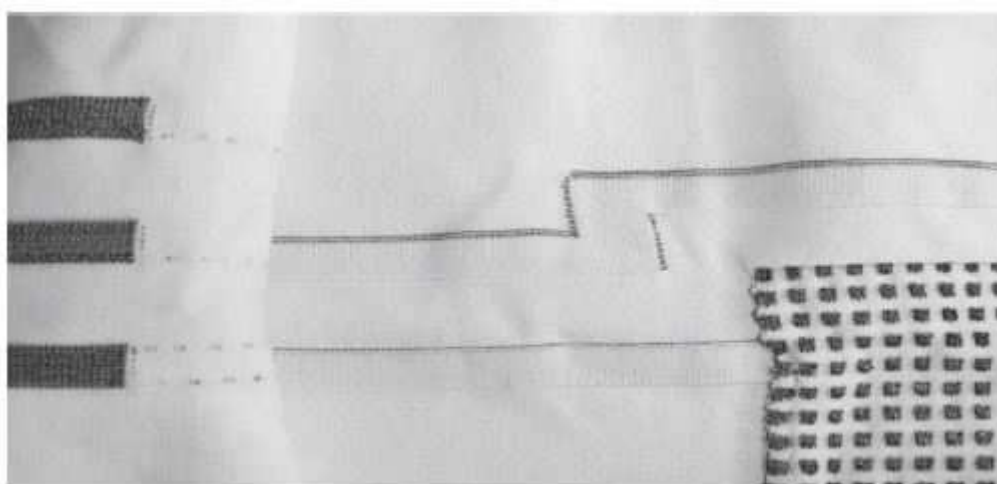
Splétání je výroba pomocí tří a více vláken, které formují v základu ploché struktury (stuhý – pásky). Rozdílnost od ostatních textilních technologií je, že splétání umožňuje vytváření mikrostruktur bez použití miniaturizovaných nástrojů. Vláknem je vedeno z cívky přímo k vytvářenému vzorci. Tato technika se využívá pro tvorbu vzorovaných prýmků, různých opletů vláken i kabelů, ve zdravotnictví pro katetry a často se využívá i pro výrobu výztuží kompozitních materiálů jak dvourozměrných, tak třírozměrných struktur.



Obrázek 2-9  
Princip splétání z 9 nití  
[29]

### 2.3.5 Vyšívání

Vyšívání je technologie, kdy daný motiv tvoříme přidáváním „vyšíváním“ nitě na základní textilii. To je pro nás výhodné z hlediska flexibility výroby. Je možné daný motiv vytvořit až po nastřihání plátna (nebo až po ušití). Dnešní vyšívací stroje již mají běžně počítačové rozhraní, které dokáže jednoduše převést návrh, obrázek, na vyšitý motiv. Problém této technologie je, že vlákno je vystaveno vysokému pnutí, které může vést k brzkému přetržení vlákna. Přerušení vlákna během vyšívacího procesu je u této technologie běžné a u běžné grafické vyšívky ničemu nevádí, nicméně pro aplikace e-textilu je třeba toto technologicky ošetřit a minimalizovat napojování těchto přetržení, které pak vedou k lokálnímu zvýšení odporu/impedance. Tento jev je znám i u pletení a tkaní, nicméně tam se nejedná o tak častý problém.



Obrázek 2-10  
Příklad vyšíváního motivu. [12]

### 2.3.6 Tiskové technologie

I když se nejedná o klasický druh výroby textilu, jedná se o technologii pomocí které můžeme běžným způsobem vyrobený textil převést na e-textil. Tisk jako takový je technologie velice dobře zvládnutá a vodivé barvy již také jsou komerčně dostupné. Zásadní limitací této technologie je flexibilita takové barvy. Na druhou stranu pomocí sítotisku umíme tvořit i velice jemné motivy. Je to technologie, kterou dokážeme nasadit do hromadné výroby a je velice levná. Tisk vodivých motivů je převážně vhodný v kombinaci s netkaným textilem 2.3.1, méně pak už s tkanou látkou 2.3.2 a s ostatními technologiemi se takřka nekombinuje.

## 2.4 Integrace e-textilu

Výroba textilu za použití kovových vláken je starší než samotný obor chytrých textilií. Z technologického hlediska tedy je na co navazovat. Integrace elektroniky ale přináší nová úskalí, která budou vyplývat z hloubky integrace. Je totiž nezbytně nutné, aby si látka zachovávala svojí základní užitnou hodnotu a komfort.

Pro samotnou integraci elektroniky do textilu můžeme zvolit různé způsoby, které můžeme rozdělit, dle stupně integrace, do těchto tří kategorií.

### 2.4.1 Základní integrace elektroniky

Elektroniku vyrobíme standardními technologiemi (např. s využitím flexibilního substrátu), pak ji přichytíme k textilu s tím, že jednotlivé komponenty rozmístíme tak, aby co nejméně uživateli překážely. Propojení, pakliže nějaké je, provedeme pomocí běžných drátů/kabelů, které přichytíme, nebo zašijeme k nosné látce. Tato koncepce nutně povede k tomu, že dané zařízení bude muset být voděodolné nebo jednoduše vyjímatelné.

### 2.4.2 Částečná integrace elektroniky

Lze si ji představit jako konstrukci hybridních integrovaných obvodů. Na textilu rozmístíme čipy a senzory (vyrobené běžnou cestou), propojení provedeme pomocí vodivých vláken, které již budou součástí textilu. Zde již musíme zvažovat, jestli dané zařízení bude vyrobeno pro jednorázový účel, nebo jak zajistit jeho pratelnost (čištění), protože použité komponenty nebudou jednoduše vyjímatelné.

### 2.4.3 Plná integrace

Lze ji připodobnit k výrobě integrovaných obvodů. Zde již vyrábíme jak cesty (vodivý motiv), tak čipy i senzory plně integrované do textilu. Asi nejvyšší metou je pak vyrobit systém, který má integrován vlastní počítač a je soběstačný i z hlediska napájení.

V současné době se již na trhu objevují průmyslově vyráběná vodivá vlákna, vodivé látky i samotné výrobky většinou kategorie chytrých zařízení.

Obecně může konstatovat, že tkaná látka je vhodná pro výrobu velice pravidelných, přesných struktur s relativně nízkou roztažností. Naopak pletené struktury využívají vysoké pružnosti s možnou nepravidelnou strukturou. U vyšívání se ve větší míře objevuje problém s přetrháváním nitě vlivem vysokého pnutí, která se pak musí napojovat. Každé napojení nám pak způsobuje nepředvídatelné, dodatečné, nežádoucí impedance. Níže uvádím pro přehled, několik komerčně dostupných vodivých látek.

Tabulka 2-1 - Příklad vodivých pláten

Výrobce	Obchodní název	Popis
<b>LessEMF</b>	FlecTron	poměděný polyesterový taft
<b>LessEMF</b>	FlecTron N-Conductive	poniklovaný/poměděný polyesterový taft
<b>Shieldex</b>	Balingen	Vysoce vodivé vlákno, <b>1 x 20 cm = 4 Ohm</b>
<b>Heathcoat</b>	Heathcoat	Vyhřívané plátno

Firma Philips & Levis v roce 2000 vytvořila bundu s integrovaným MP3 přehrávačem. Tato bunda zprostředkovávala komunikaci mezi mobilním telefonem a MP3 přehrávačem pomocí bluetooth spojení. MP3 přehrávač, který byl uschován v bundě se tak mohl ovládat telefonem. Při praní této bundy se však přehrávač musel vyndávat. V roce 2002 předvedl Francouzský Telekom na výstavě Avantex textilní displej, který byl vytvořen pomocí optických vláken, ke kterým byly na konci připojeny LED. Jednalo se o robustní

zařízení – látku, které bylo ovládáno pomocí mobilního telefonu. V současné době příklady z komerčně vyráběných produktů jsou například:

Látka „Heat fabric“. Jedná se o vyráběnou látku, která je vhodná k běžnému zpracování, lze ji stříhat, sešívát atd. Je vyráběna v typické hustotě 250g/m<sup>2</sup> z bavlny, vlny, polyesteru s rezistivitou v rozsahu jednotek  $\Omega$  až po jednotky M $\Omega$  s 5% přesností. Její spotřeba se pohybuje 100W/m<sup>2</sup> při teplotě okolo 100°C. Je možné ji až 30x vyprat. Firma Vivometrics vyvinula vestu s obchodním názvem Life-shirt s integrovaným senzorem životních funkcí. Signál sbíraný z indukčního senzoru je zpracováván v mikropočítači, který se připevňuje na opasek. Poslední z příkladů je firma Eleksen, která vyrábí flexibilní látku ElekTex vytvořenou pro textilní klávesnice a touch-pady.



Obrázek 2-11  
Life-shirt - vesta monitorující  
životní funkce  
[24]



Obrázek 2-12  
ElekTex textilní klávesnice  
[6]

## 3 Chytré textilie v praxi

### 3.1 Konstrukční vlastnosti vodičů pro chytré textilie

#### 3.1.1 Kovové vodiče

Využívají se pro aplikace, kde je vyžadována vysoká vodivost, jako jsou např. elektromagnetické stínění, odporové vytápění a přenos signálů. Vyznačují se nízkou cenou.

#### 3.1.2 Nerezová vlákna

Nerezová vlákna se nejčastěji využívají pro vyhřívací aplikace. Používaný nerezový materiál je AISI 316L – Ni 10-14%, Cr 16-18%. Nerezové vlákno s 20% PES má konduktivitu

přibližně  $10^2$ - $10^0$  [ $\Omega\cdot\text{cm}$ ]<sup>-1</sup>. Problémem těchto vláken je obsah niklu, který způsobuje alergické reakce.

### 3.1.3 Barevné kovy

Barevné kovy mají obecně problém s adhezí mezi nosným vláknem a kovem, vytváří se tak nepřilíživá konstrukce. Proces výroby je složitý. Vlákná vykazují nízkou korozivzdornost a odolnost proti obrušování při běžném nošení. Výroba je možná galvanickým pokovením (pokud použijeme jako nosné jádro horší vodič), vakuové naprašování, plasmové pokovování (tato technologie má problém s kontrolou tenkosti naneseného kovu). Další velkou nevýhodou je cena barevných kovů. Pro stabilizaci nánosu se potahují např. silikonovou vrstvou. Výhodou je pak vysoká vodivost a optická barevnost. Použití nalézají v napájecích vláknech a v přenosu signálů. Konduktivita takovýchto vláken se pohybuje kolem  $10^6$ [ $\Omega\cdot\text{cm}$ ]<sup>-1</sup>. Nejzajímavější materiál ze široké škály barevných kovů je stříbro, které se využívá i pro jeho antibakteriální účinky.

## 3.2 Uhlíkové vodiče

Karbonová vlákna se používají v látkách s ochrannou proti elektrostatickému náboji. Dosahují vodivosti  $10^5$  -  $10^0$  [ $\Omega\cdot\text{cm}$ ]<sup>-1</sup>, speciálně čistý karbon dosahuje vodivosti  $10^2$ [ $\Omega\cdot\text{cm}$ ]<sup>-1</sup>. Nevýhodou je složitá výroba. Vyrábějí se nanášením uhlíku na nylonové nebo polyesterové jádro. Sendvičová struktura pak dosahuje vodivosti  $10^{-6}$ – $10^{-10}$  [ $\Omega\cdot\text{cm}$ ]<sup>-1</sup>. Další nevýhodou je že uhlík vždy vytváří pouze černou barvu vlákna a rychle se obrušuje. Na druhou stranu uhlíková vlákna mají lepší tepelně izolační vlastnosti než kovová vlákna.

Zvláštním typem uhlíkového vlákna pak je karbonové nanovláknko, což je materiál disponující vlastnostmi jako jsou výborná mechanická odolnost, výborné tepelně izolační vlastnosti a vodivost srovnatelná s kovy. Jeho vodivost je vysoce závislá na molekulární strukturální orientaci a počtu vrstev. Typický, komerčně dostupný materiál je vícevrstvý s průměrem vláken 10-12nm, 10-15 $\mu\text{m}$  délky a s 20-30 vrstvami. Jejich význam je v možnosti jejich využití jako plniva pro výrobu polymerových vodivých vláken.

## 3.3 Soli kovů

Pro vytváření vodivého vlákna jsou přednostně využívány látky sulfid měďnatý a jodid měďnatý, které se nanášejí na jádro vlákna (nylon, polyester, vlna, akryl...). Lze je



jednoduše použít v textilních technologiích. Dosahují nízkých vodivostí, proto se převážně používají pro antistatické aplikace jako jsou ESD koberce.

### 3.4 Vodiče využívající iontovou vodivost

První skupinou jsou iontové polymery jsou organické polymery, které jsou vodivě modifikovány pomocí iontových solí skrz jejich funkční skupinu. Např. neutralizací funkčních skupin karboxylových kyselin na polymerech s kovovými hydroxidy. Nositelé vodivosti jsou ionty včetně protonů. Vzhledem k tomu, že ionty jsou velké, tak se pohybují pomalu, a proto takto vytvářené polymery dosahují nízkých vodivostí cca  $10^{-9}[\Omega\cdot\text{cm}]^{-1}$ , využívají se opět v antistatických aplikacích.

Druhou skupinou jsou Podstatně vodivější polymery (ICP). Jedná se o polyaniline (PANI), polypyrrole (PPy), polythiophene (PT) a poly(perinaphtalene) (Pna). Mají lepší odolnost proti oxidaci. Jejich nesporná výhoda tkví hlavně v možnosti úpravy rezistivity pomocí dopování. Úroveň dosahované vodivosti závisí na molekulární struktuře páteřního polymeru, míře dopování a přirozeném množství včleněných druhů iontů. Nevýhodou je špatná zpracovatelnost.

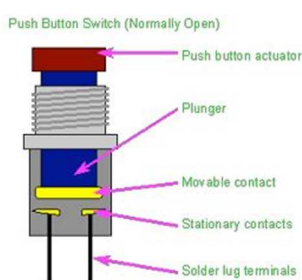
Třetí skupinou používaných polymerů jsou Polyacetylene (PA), které se označují jako vysoce vodivé polymery. Ty dosahují vodivosti  $1-5[\Omega\cdot\text{cm}]^{-1}$ . Formuje se jako film nebo vlákna, lze jej nechat polymerizovat přímo na skleněném či kovovém podkladu. Očekává se jeho vysoká použitelnost v optoelektronice.

Poslední skupinou jsou opticky aktivní vodivé polymery, poly(p-phenylene) (PPV). Jedná se o vodivý polymer, který má dobré fyzické, elektrické a optické vlastnosti. Šířka zakázaného pásu je 2,6eV se slabou žlutou fluorescencí. Jedná se o materiál vhodný k vytváření LED a fotovoltaických článků.

### 3.5 Spínací prvky

Tvorba mechanických spínačů je velmi zajímavá z hlediska elektroniky. V publikaci [12] je zmiňována látka detekující fyzický kontakt 'Detect'<sup>TM</sup>, od firmy Intelligent Textiles Limited. Detekce je vytvořena pomocí mechanických spínačů, které jsou umístěny (vytvořeny) vždy v křížení vláken, takže se vytváří hustá tlačítková síť. Je založena na

otevřeném spínacím kontaktu a může být použita jako pasivní nebo aktivní senzor. Pro představu 10 cm<sup>2</sup> látky obsahuje několik stovek spínačů (v závislosti na hustotě látky). Tato látka může být běžně stříhána a sešívána dle běžných výrobně-textilních požadavků. Detekční látka je vyráběna na zakázku přesně pro konkrétní aplikaci. Typická citlivost na zmáčknutí je 50 kPa. Rozměr pro vytvoření spínače je 2-5 mm. Tyto rozměry umožňují vytvořit síť spínačů o hustotě 100.000 spínačů na metr čtvereční. Typický odpor spínače v rozepnutém stavu je 40 MΩ. V sepnutém stavu je pak odpor závislý na specifických podmínkách, ale běžně se pohybuje kolem 1 kΩ. Životnost textilního spínače je typicky 1.000.000 cyklů. Látka je tkána z vláken na bázi vlny, bavlny, polyesteru a nylonu. Nejlepší stabilitu vykazuje látka s vlákny z polyesteru, která dosahuje 30-40 pracích cyklů.



**Obrázek 3-3**  
Sestava mechanického  
spínače  
[16]



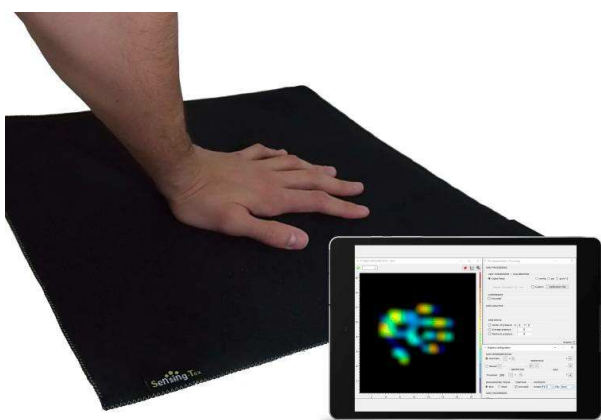
**Obrázek 3-2**  
Ukázka možného sestavení  
látkového tlačítka.  
[16]



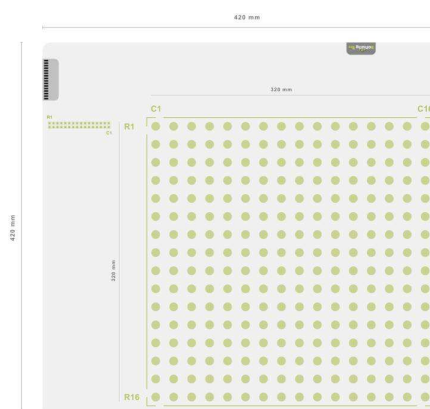
**Obrázek 3-1**  
Sestavené látkové tlačítko  
[16]

### 3.6 Senzory

Pro vytváření senzorů můžeme využít změny indukčnosti, kapacity a rezistivity. Avšak v reálných aplikacích se většinou setkáme s použitím kombinace těchto vlastností.

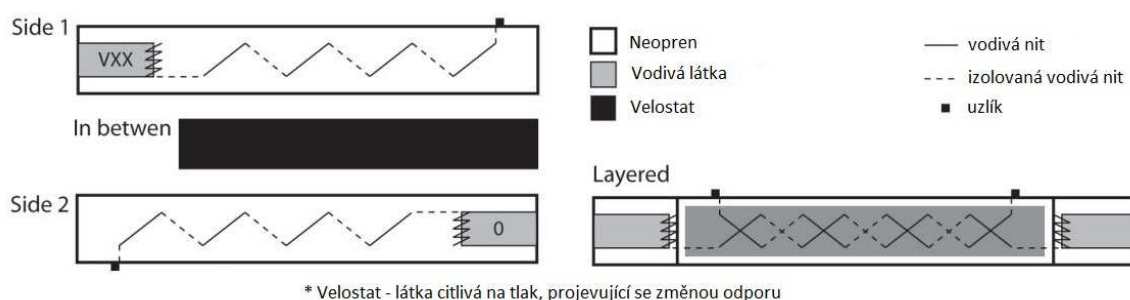


**Obrázek 3-5**  
Látka s tlakovými čidli firmy SensingTex  
[19]



**Obrázek 3-4**  
Senzorová síť uvnitř látky SensingTex  
[19]

Pro snímání pohybu, či měření úhlu se většinou využívá změny rezistivity, která je založena na integraci vodivostních vláken do pružné textilní látky. Natažením této látky pak dochází ke změně rezistivity. K tomu lze využít dvou konceptů. První je založena na změně rezistivity poměrným prodloužením vodivostního vlákna. U tohoto konceptu potřebujeme dostatečně flexibilní vlákna, pomocí nichž lze jednoduše vytvořit X-Y síť, která nám poskytne komplexnější informaci. Druhý koncept je založen na vytvoření senzoru pomocí méně flexibilních vláken, kdy flexibilitu tvoříme volnou vazbou, např. úpletovou. Pak při natažení takového senzoru dojde k těsnějším vazbám mezi vodivostními vlákny a tím dojde k zvýšení vodivosti.



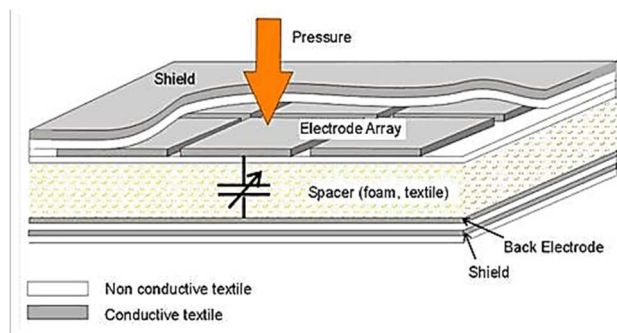
**Obrázek 3-6**  
**Ukázka možné výroby senzoru ohybu**  
 [16]

Změna rezistivity se velice často využívá pro monitorování teploty. Jako dotykové senzory se využívá většinou kapacitního senzoru, který je tvořen z vrstev podobně jako deskový kondenzátor. Využití vláken na bázi polypyrolu je zajímavé z hlediska jeho piezorezistivity. Toho lze využít jak pro monitorování pohybu, tak tlaku. V [12] jsou zmiňovány tyto druhy senzorů:

Induktivní senzor, který je založen na vodivých vláknech integrovaných do pružné látky. Vodivá vlákna vytvářejí smyčky, které mění svoji indukčnost na základě natažení látky. Tento senzor je použit pro sledování fyziologických hodnot uživatele. Senzor byl vyvinut firmou VivoSense [24] a je aplikován v jejich komerčním produktu LifeShirt. Využití pletené látky z vláken tvořených viskózou obalenou nerezovým povrchem pro vytvoření senzoru k monitorování elektrodiagramu a elektromyogramu.

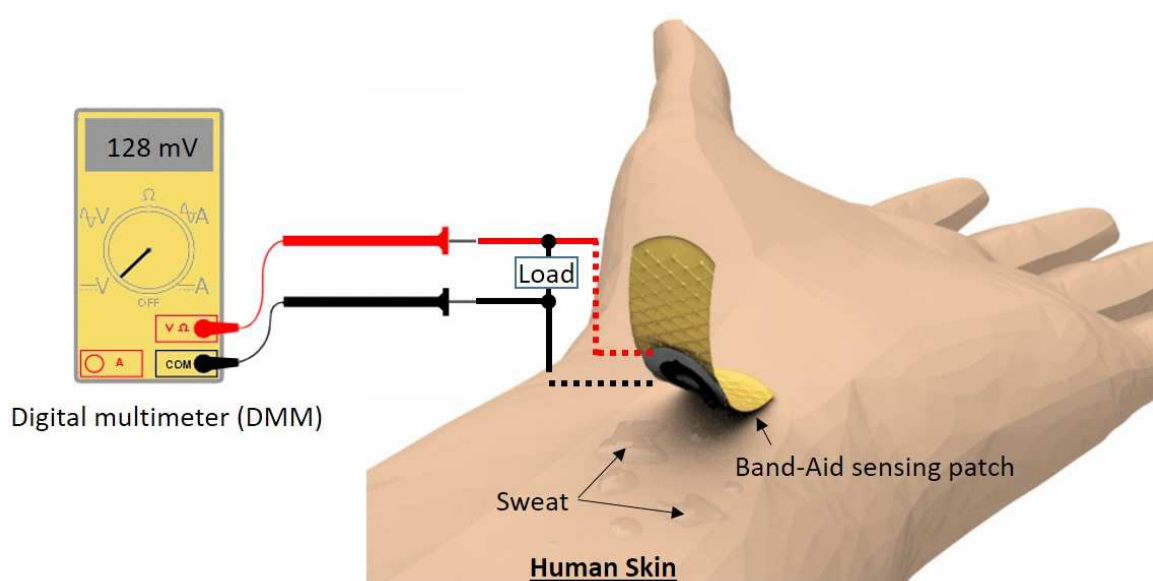
Senzor váhy vytvořený buď jako kapacitní nebo odporový. Kapacitní senzor je sestaven z vrstvy pěnového izolantu mezi dvěma vodivými vrstvami, tím je vytvořen kondenzátor, který při stlačení změní svoji kapacitu. Odporový senzor je pak opět vytvořen izolační pěnou

mezi dvěma vodivými vrstvami, ale tentokrát je v pěně vytvořena síť děr. Postupným stlačením pěny dochází ke kontaktu horní a spodní vodivé vrstvy, tím se postupně mění vodivost.



**Obrázek 3-7**  
Schéma textilního senzoru vyvinutý firmou Eleksen [23]

Pro měření teploty může být použito textilních vodivých vláken, které vykazují vhodnou teplotní závislost, nebo umístěním termistorů. Jako vhodné teplotně závislé materiály pro výrobu vláken se ukazují amfifilní kopolymery. Tyto kopolymery mají tu vlastnost, že s teplotou část tohoto kopolymeru mění svoje skupenství mezi gelem a micelární strukturou, přičemž tato změna je vratná. Zároveň s touto změnou se mění i elektrická vodivost takového vlákna.



**Obrázek 3-8**  
Biosenzor glukózy vvinutý v Binghamton University [2]

Akustické sensorové pole, které je tvořeno jako pasivní sonar založený na principu triangulace a časového zpoždění. Každý senzor ve vytvořeném poli je schopen zachytit zvuk, přičemž známe jeho přesnou pozici vůči ostatním sensorům, pak pomocí časového zpoždění a trigonometrie dokážeme určit přesnou pozici zdroje zvuku. Akustické pole lze jednoduše vytvořit technikou tkaní s integrací vodivostních vláken, ke kterým jsou v přesných pozicích připojeny mikrofony.

### 3.7 Aktivní součástky

Pro řadu aplikací nám nestačí pouze pasivní součástky, proto se vyvíjejí aktivní součástky přímo na textilních substrátech, které zvyšují portfolio aplikací. Jejich hlavní výhodou je zvýšení výkonu a snížení rozměrů. Nevýhodou je pak složitější obvod..

Jednou z velkých skupin, kde se aktivní součástky vyskytují jsou senzory pro měření různých fyziologických signálů, jako je srdeční rytmus, frekvence dechu, teplota, PH pokožky atd. Další skupinou jsou zobrazovací jednotky. Tyto zobrazovací jednotky využívají všech dostupných technologií, jako jsou LED, tekuté krystaly, elektroluminiscence atd.

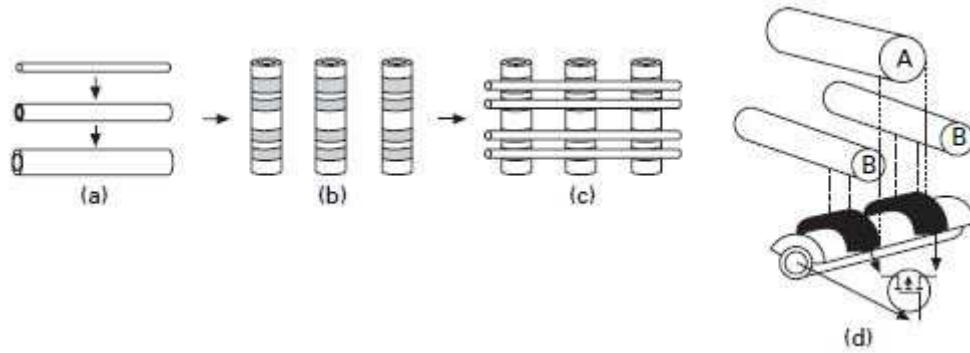
Všechny tyto technologie však mají jedno společné, potřebují napájení. Velice často pak potřebují být propojeny s mikropočítačem, který je zatím vždy mimo textilní struktury. Ke komunikaci se snažíme využít bezdrátových standardů ať už se jedná o bluetooth či wi-fi.

Poslední velkou skupinou jsou polovodičové součástky, především pak tranzistory, bez nichž si nedokážeme představit tvorbu pamětí, procesorů atd.

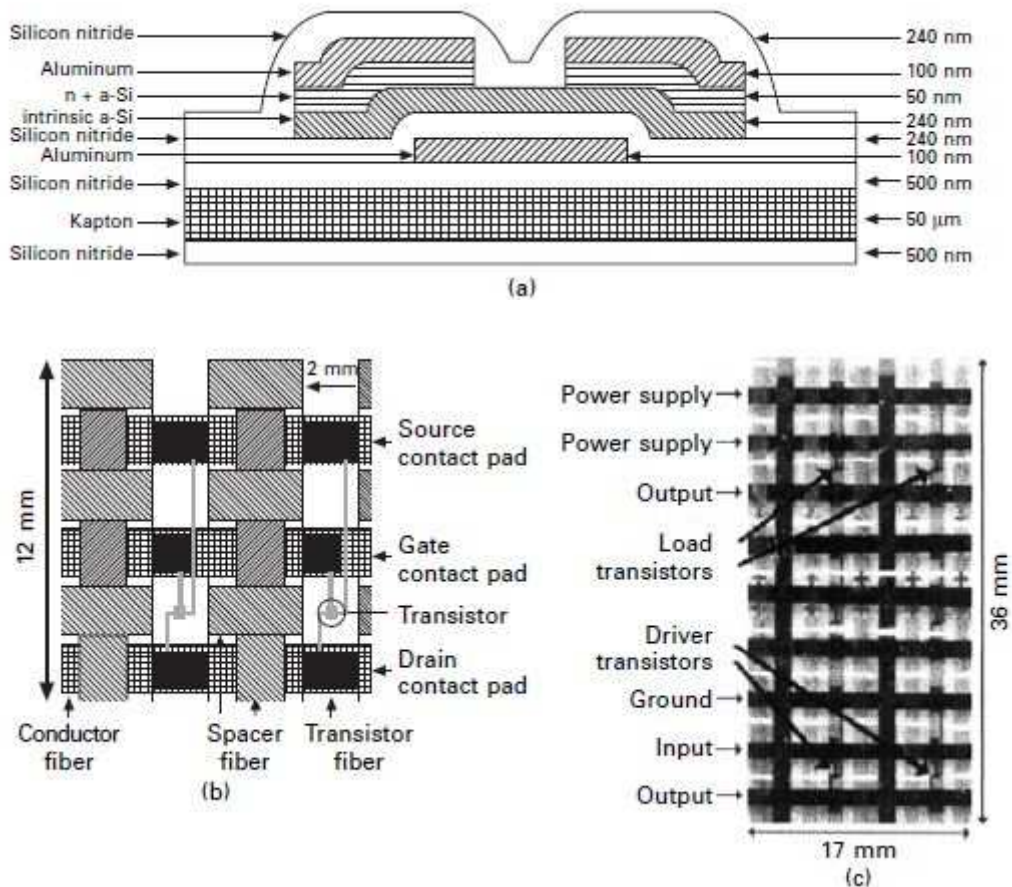
#### 3.7.1 Tranzistory a součástky s PN přechodem

První z cest, jak integrovat součástky s PN přechodem do látky, je nakontaktovat běžnou součástku na daná vlákna. Druhou možností je vytvoření součástky přímo na vláknech, čímž odpadá problematické kontaktování.

V publikaci [12] je zmiňován postup výroby tranzistoru přímo na křižujících se vláknech. Tyto tranzistory mají prahové napětí a 7,5 V a snesou teplotu do 150 °C. Tranzistory jsou připraveny ve sloupcích na fóliové pásce a každé tranzistorové vlákno je oddělováno z této fólie pomocí slit-film technologie. Jsou tedy tvořeny přímo na vláknech ve formě invertujícího N-MOS tranzistoru dosahujícího frekvenčního rozsahu do 1 kHz. Frekvenční rozsah je závislý na rychlosti spínání a kapacitě na Gate.



Obrázek 3-9  
Postup výroby textilního senzoru. [12]



Obrázek 3-10  
(a) Struktura Thin film tranzistoru, (b) schematické znázornění tranzistorů vytvořených na tkané struktuře, (c) vytvořený obvod s tranzistory [12]

### 3.7.2 Napájecí systémy

Získávání energie bez přístupu k elektrifikační síti a zároveň tak, aby se omezilo použití baterií je pro systémy e-textilu klíčové. Metody, jak získávat energii jsou známy již řadu let. Principiálně lze využít fotovoltaického jevu, pyroelektrického jevu, piezoelektrického jevu a triboelektrického jevu. Solární články potřebují pro svou funkci stálé osvětlení, což je

významně omezuje. Naproti tomu piezoelektrický a triboelektrický jev možné využít všude tam, kde je stálý pohyb. Využití těchto technologií je stále ve vývoji.

### 3.7.2.1 Fotovoltaické články

Fotovoltaické články můžeme rozdělit na anorganické a organické. Mezi anorganické články patří klasické křemíkové, které se dnes již komerčně vyrábějí s účinností přes 30%. Bohužel jsou nevhodné pro flexibilní substráty, proto se budeme zaměřovat na organické solární články, které jsou tvořeny pomocí polymerů. Jejich současná úroveň účinnosti se v laboratořích pohybuje kolem 10%, komerčně vyráběné články pak dosahují poloviční účinnosti s životností několika málo let. [26]

Při kombinaci anorganických a organických látek pak vznikají tzv. hybridní solární články. Často se využívá TiO<sub>2</sub> v kombinaci s polymerem, existují ale i jiné možnosti a kombinace.

Výzkumem organických solárních článků se intenzivně zabývá Fakulta chemická Vysokého učení technického v Brně, která jako výstup svého aplikovaného vývoje přímo uvádí polymerní solární článek s textilním substrátem.

### 3.7.3 Piezoelektrické materiály

Piezoelektrické materiály při deformaci vytváří napětí, jsou anizotropní, takže vždy záleží na směru mechanického namáhání. Můžeme je rozdělit do dvou kategorií, přírodní a syntetické. Mezi přírodní piezoelektrické materiály patří například křemík, Rochelletova sůl (NaKC<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>6</sub>.4H<sub>2</sub>O) a turmalín.

Syntetické materiály s piezoelektrickým jevem dále dělíme na krystalické materiály (langatit - La<sub>3</sub>Ga<sub>5.5</sub>Ta<sub>0.5</sub>O<sub>14</sub>), keramické (olovnatý titanát-PbTiO<sub>3</sub>, titaničitan barnatý-BaTiO<sub>3</sub>, titanát zirkoničitanu olovnatého-Pb(Zr,Ti)O<sub>3</sub>, niobičnan draselný (KNbO<sub>3</sub>)...) a polymerní materiály (Poly (vinylidenfluorid) (PVDF), poly (vinylidenfluorid-ko-trifluoroethylen) P(VDF-TrFE), polyimid, buněčný polypropylen...).[12]

Pro použití v textilu lze uvažovat převážně polymerní piezoelektrika, protože keramické materiály jsou díky toxicitě olova takřka nepoužitelné. Nespornou výhodou polymerů je pak, že jsou ohebné, jsou výrazně lehčí a lze z nich levně vyrábět vlákna.

### 3.7.4 Pyroelektrické materiály

Materiály, které zahříváním / ochlazováním materiálu vytváří napětí. Tento jev je znám již od 17. století, kdy byl pozorován na turmalínu. Dalším příkladem pyroelektrických materiálů jsou např. krystal triglycin sulfátu (TGS) a titaničitanu lithného (LiTaO<sub>3</sub>). Opačným jevem k pyroelektrickému jevu pak jev elektrokalorecký. Všechny pyroelektrické materiály vykazují také piezoelektrické vlastnosti. Naopak to však již neplatí. [7]

### 3.7.5 Triboelektrický jev

Triboelektrický jev vzniká třením dvou odlišných materiálů o sebe, kdy na okrajích materiálu se objevuje – narůstá napětí. Vytvořené napětí může dosahovat řádově až kV [22]. Tohoto jevu se využívá u laserového tisku nebo kopírování. Využití tohoto principu není jednoduché a podařilo se to až v nedávné době. Zatím jsou známy čtyři způsoby provedení triboelektrických článků.

## 3.8 Zobrazovací jednotky

Mezi jednu ze základních užitných vlastností textilu se uvažují vzhledové vlastnosti – design. Proto možnost tvořit měnící se obrazce na textilových strukturách, takzvané zobrazovací jednotky je velice žádaná. Tyto displeje se dají tvořit třemi různými způsoby:

### 3.8.1 Světelné zobrazovací jednotky

Zobrazovací jednotky založené na LED technologiích integrovaných do textilu. Zástupci těchto jednotek jsou například látka „Lumalive“ vyvinutá firmou Philips. Dalším z příkladů uváděných v [12] je látka „EL-weave“, která využívá 22 dtex Ag/PA-Elitex vlákna jako elektrodového materiálu. Běžná vzdálenost mezi tkanými elektrodami je menší než 300 μm, což se ukazuje jako kritická vzdálenost pro vytvoření elektroluminiscence. Už při vzdálenosti větší než 200 μm se nám mění závislost mezi napětím a frekvencí, kterou známe z elektroluminiscenčních fólií „El-foils“. Zatímco u elektroluminiscenčních fólií dosahujeme největšího světelného výkonu při 400-800 Hz, tak u tkaných látek, kde se nám zvětšuje rozestup elektrod nad 200 μm, se frekvence



**Obrázek 3-11**  
Využití textilu s LED  
v módním průmyslu.  
[4]



posouvá někam do rozmezí 1 kHz až 10 kHz. Pro výrobu elektrod je také možné použít opticky transparentní elektrody na bázi vodivých polymerů, které se dají tisknout a využívají se v klasických LCD displejích.

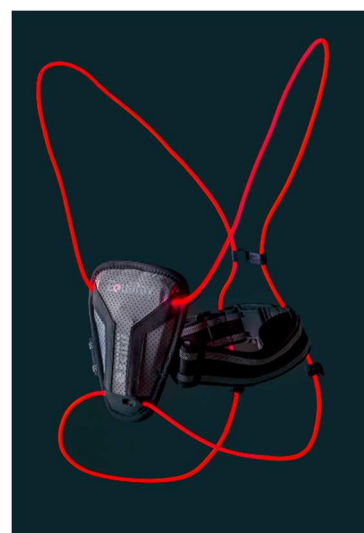
### 3.8.2 Nesvětelné zobrazovací jednotky

Tato metoda je založena na termochronických barvách, které mění barvu podle teploty. K tomu je potřeba vytvořit síť s vyhřívacími body, které pak vytvářejí jednotlivé pixely. Pro vyhřívání pixelů se dá využít malých peltierových jednotek. V současné době se vyrábí na tomto principu látky bez animace, jelikož doba změny barvy je závislá na rychlosti zahřívání/chladnutí látky.

### 3.8.3 Optická vlákna

Jejich využití je možné jen omezeně vzhledem k jejich nízké ohebnosti. Jistou využitelnost mají především plastová optická vlákna, mnohavidová, která mají ohebnost dostatečnou, aby se daly zapracovat tkaním.

Využitím optických vláken v textilních aplikacích se zabývá Technická Univerzita v Liberci, která si nechala patentovat několik objevů [11]. Jejich výzkum se zabýval převážně možnostmi využití stranově vyzářujícího vlákna, a jeho využití při zvýraznění chodce ve tmě, ale samozřejmě najde se i další uplatnění.



**Obrázek 3-12**  
Využití optického vlákna se stranovým vyzářováním.  
[8]

## 3.9 Spojování vodivých vláken

Pro spojení dvou vláken lze použít tyto technologie: odporové svařování, lepení, air splicing a pájení.

V literatuře [12] je uváděno, že odporové svařování je jedna z nejlepších metod, protože vytváří jednoduché propojení s minimálním poničením sousedících vláken. Spoj je malý a bez přídavného materiálu. Další metodou je pájení. U tohoto spoje je potřeba přídavný materiál, který zvětšuje spojení. Spoj je tedy větší než u odporového svařování. Je třeba velmi pečlivě kontrolovat množství dodané pájky, aby nedošlo k nežádoucímu propojení se

sousedními vlákny. Použití vodivého lepidla je složitější. Je potřeba nejprve odizolovat spojovaná vlákna např. použitím laseru, pak je na spoj nanese vodivé lepidlo, které vytvoří vodivé propojení. Poslední technikou je air splicing. Tato technologie byla vytvořena čistě pro textilní průmysl a jde ji omezeně aplikovat i na vodivá vlákna. Air splicing je založen na promíchání/zacuchání vláken do sebe za působení proudu vzduchu.

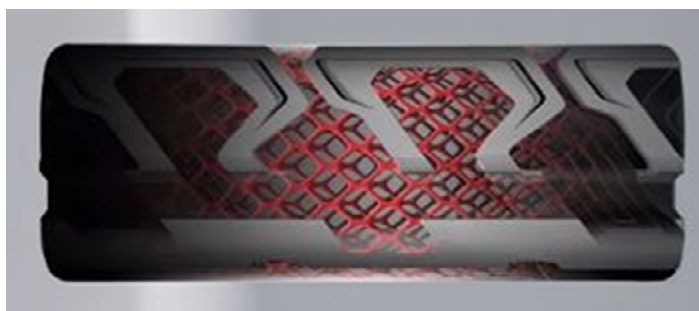
### 3.10 Aktuátory

Jedná se o součástky, které na základě elektrické, potažmo magnetické energie vyvozují pohyb. V literatuře [12] jsou popsány mikroaktuátory, které vyvozují svůj pohyb na základě skupiny látek, které jsou označovány jako shape memory material. Ty dokáží transformovat termální energii na pohybovou. Těchto látek se hojně využívá v textilním průmyslu na tvorbu pasivních membrán pro lepší kontrolu teploty a odvodu vlhkosti. Pro nás zajímavější skupinou jsou aktivní aplikace ve zdravotnictví, kde jsou popsány systémy pro elektrické stimulace, nebo dodávku léků.

## 4 Chytré textilie v průmyslových aplikacích

### 4.1 Automobilový průmysl

Automobilový průmysl je odvětví, které celosvětově táhne ekonomiku, masivně investuje do inovací, ale zároveň velice bedlivě sleduje výrobní náklady. V tomto segmentu průmyslu se pomocí chytrého textilu nejviditelněji řeší aplikace pro vyhřívání sedaček a detekce osob. Nemalý potenciál je i v dekorativním osvětlení vozidla. Méně viditelné jsou už aplikace kompozitních materiálů, které využívají smart textilu. Popis vyhřívání a detekce osob již byl uveden v předchozích kapitolách, proto níže jsou uvedeny jen dva velice zajímavé projekty z automobilového průmyslu využívající chytré textilie.



Obrázek 4-1  
Koncept dobíjecí pneumatiky Goodyear  
[31]

Firma Goodyear představila v roce 2015 na Geneva Motor Show novou studii pneumatiky BH03, která dokáže během jízdy dobíjet baterie elektromobilu [25]. Tento koncept je založen na kombinaci piezoelektrického a termoelektrického jevu na textilních vláknech. Textilní síť zakomponovaná do pneumatiky přeměňuje teplotu vznikající třením a deformací pneumatiky při jízdě na elektrickou energii, která je pak využívána pro dobíjení baterie.



**Obrázek 4-2**  
**Koncept Lift, který by měl obsahovat piezoelektrická vlákna**  
[1]

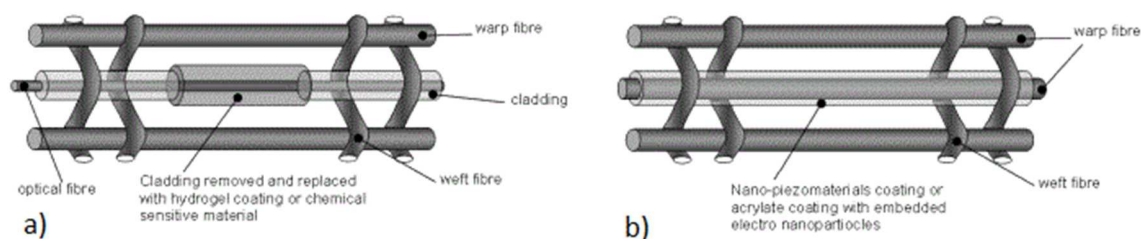
Pro automobilovou společnost Ariel vyvinuly Britské technologické firmy nový způsob zavěšení, který je založen na kompozitním materiálu s textilní výztuží [1]. Cílem tohoto nového zavěšení by mělo být plné nahrazení současných tří komponentů (rameno, stabilizátor a pružina) za jeden komponent. Technologie Lightweight Innovative Flexible Technology, zkráceně „Lift“ zatím dokáže pouze nahradit pružiny. Zároveň ale pracují na variantě, kdy by bylo možné také vyrábět elektrickou energii za pomoci integrovaných piezoelektrických vláken.

## 4.2 Stavebnictví

Stavebnictví není příliš proslulé výraznými inovacemi, či masivní podporou technologických inovací, ale i přesto se jedná o obor průmyslu, který má pro smart textilie vysoký potenciál. Tento potenciál je především v kompozitních materiálech (převážně betonů) kdy je možné za pomoci textilních výplní integrovat různé senzory vlhkosti, teploty, zatížení přímo dovnitř železobetonových konstrukcí. To může být výhodné z hlediska bezpečnosti staveb typu mostních konstrukcí, výškových budov atd. Nemusí se jednat vždy o trvalé senzory, ale může se toho využít jen dočasně pro sledování dodržení technologických postupů, jako je například sledování zrání betonu.

Další použití zajisté najdou různé textilní plachty, které se mohou využít pro vytápění, výrobu a skladování elektrické energie. Tyto textilní plachty, které se dnes používají na různé hydroizolace je možné zkombinovat se smart textiliemi. Pak by bylo možné využívat je pro skladování elektrické energie. Například tím, že se vytvoří velká síť kondenzátorů, která se bude nabíjet. Pokud bychom tento koncept použili například u silnic, získáme tak značný potenciál. Další využití se nabízí u sklokeramické mřížky, která se využívá na zpevnění při zateplování fasád paneláků. Pokud bychom zde opět dokázali vyrobit takovou mřížku jako velký kondenzátor, získáme obrovskou plochu, která je využitelná pro skladování dnes velice oblíbené solární energie. Dále by bylo jistě velice žádané využít různých geotextilií pro sledování průsaků. K tomu se váže i problematika úniků potrubí, ať už se jedná o vodovodní potrubí, odpady, nebo různé technické plyny a kapaliny. Textilní oplety by mohly být vhodným řešením pro diagnostiku úniků s případnou lokalizací závady. Je pravděpodobné, že oplety budou jen první generací. V druhé generaci by se již textilní vlákna mohla použít jako plnivo trubek, kde by byla chráněna před vnějšími vlivy. To by mohlo vést k ranné diagnostice blížící se závady.

Evropský projekt POLYTEC zabývající se výzkumem chytrých textilních tkanin ve stavebnictví se účastnila i firma Safibra, která se podílela na vývoji optických vláknových senzorů v tkaninách [18]. Zajímavých výsledků se očekává u osnovně pletených výztuh mřížkového typu a výztuh lanového typu se začleněním optických vláken a senzorů do textilií.



**Obrázek 4-3**  
Schéma tkaniny POLYTEC, a) začlenění optického vlákna, b) začlenění vlákna s piezoelektrickou vrstvou [18]

### 4.3 Agrární průmysl

V agrárním průmyslu se v současné době nejčastěji řeší problematika nedostatku vody, případně chemického znečištění. Proto jsou vyhlašovány projekty, které by vedly k šetření s vodou. Za pomocí plachtoviny s integrovanými senzory vlhkosti by bylo možné cíleně

zavlažovat. V případě rozšíření o senzory hladiny dusíku, fosforu a draslíku (základní složky hnojiva), bylo by možné cíleně hnojit.

#### 4.4 Konfekční textil

Konfekční textil můžeme rozdělit na oblast sportu a zábavy, běžně nositelného textilu, zdravotnictví a textilu pro záchranářské a bezpečnostní složky.

Běžný textil se většinou zaměřuje na designové a funkční prvky. Zde se v poslední době intenzivně řeší integrované prvky pro zviditelnění osoby za zhoršených světelných podmínek. Pro tento účel byli vyvinuty (TUL) aktivní stranově vyzařující optická vlákna [11].

Sport a zábava je oblast která již tradičně je velice inovativní, a proto se tam již objevují první senzory pro diagnostiku pohybu, dechu a životních funkcí. U technologií směřujících do profesionálního sportu, se většinou jedná o podpůrné prostředky (hlavně diagnostické) pro zvýšení výkonu. Avšak větším trhem je oblast hobby sportu a zábavy, kde se ani tak neřeší výkon jako pohodlí, design a prestiž. Zde se nalézá uplatnění např. pro cílené aktivní vyhřívání (zimní sporty), různé diagnostické náramky, či trička.

Zdravotnický textil můžeme rozdělit do dvou segmentů: vybavení pro nemocnice a vybavení pro domácí péči. Přičemž u vybavení nemocnic se řeší např. inteligentní doručení léků, což mohou být různé obvazy, které budou řízeně uvolňovat léčivo. Na druhou stranu je velká snaha vyvinout jednoduché, bezúdržbové diagnostické přístroje, pro domácí péči. Zde je veliký prostor pro různé senzory, které by dokázaly sledovat nejen životní funkce (dech, tep atd.), ale i jiné parametry jako je například hladina cukru v krvi, pH... a samozřejmě dokázaly šetrně dávkovat potřebné množství léků lidem kteří jsou zapomnětliví, nebo nejsou schopni si lék sami aplikovat.

Záchranářské a bezpečnostní složky jsou segment, kde se již smart textilie začínají prosazovat, např. nehořlavý hasičský oblek vyvinutý Západočeskou univerzitou. V tomto segmentu se budou technologie zaměřovat převážně na ochranu osob, což povede k integraci všemožných čidel.

## 4.5 Bytový textil

Jedná se o různé potahové látky pro postele, gauče, židle. Pak se jedná o různé tapety k nábytku, můžeme zde zařadit i bytové tapety, dále se jedná o doplňkový bytový textil jako jsou povlečení, prostírání atd.

Zde se role chytrého textilu bude převážně orientovat na aplikace vytápění a náladového designu. Může se jednat o různé vytápění židlí či gaučů. U aplikací náladového designu se může jednat o tapety, povlečení v kombinaci s potiskem termochronickými barvami.

## 4.6 Koberce

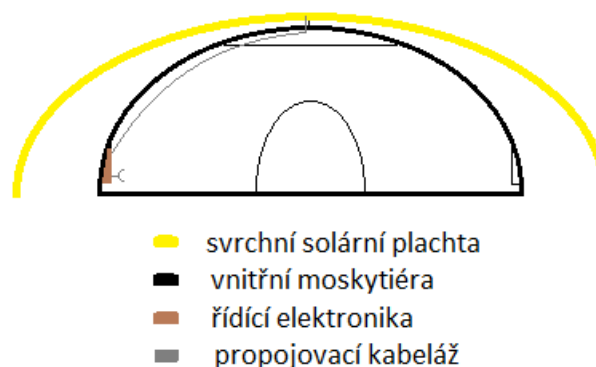
Samostatným tématem je průmysl vyrábějící koberce. Zde se již nasazují vlákna s polovodivou strukturou, které pak slouží pro antistatický efekt. Použití chytrého textilu zde má potenciál jak v náladovém designu, tak v aplikacích s vytápěním, kde by mohlo nahradit v současnosti vyráběné topné koberečky, které jsou ale vyráběny zašíváním topnými dráty, což značně zvyšuje jejich hmotnost, nebo topnými fóliemi, které nejsou dostatečně flexibilní. Také je možné do koberců integrovat tlakové senzory, které by dokázaly lokalizovat pohyb osob po budovách, což by ve veřejných budovách značně ulehčilo práci záchranným sborům.

# 5 Návrh využití e-textilu pro průmyslovou výrobu

## 5.1 Stany se solární plachtou

V dnešní době, kdy každý běžně používá mobilní elektroniku a potřebuje být neustále online je otázka dobíjení těchto zařízení nasnadě. Většina zařízení, které si dnes kupujeme využívá standardního nabíjení přes USB. Jedná se tedy o 5 V, kdy délku nabíjení určuje maximální proud dodávaný zdrojem. Tyto stany by nemuseli nutně skladovat elektrickou energii, i když i to by bylo zajímavé, ale plně by stačilo, kdyby byly schopny dobíjet mobil, či tablet. Tyto stany by předpokládám dokázaly najít odbyt ve vyspělých zemích, se zacílením na volnočasové aktivity.

Představa o tomto produktu je využití fotovoltaických vláken, zřejmě polymerních, které sice vykazují horší účinnost, nicméně při dostatečné ploše bychom získali dostatečný výkon. Velice pravděpodobně by musely být tvořeny menší fotovoltaické články, které by se pak skládaly tak, aby se dosáhlo optimálního napětí a



**Obrázek 5-1**  
**Nákres solárního stanu**

dostatečného nabíjecího proudu při běžném slunečním dni. Tyto solární články, které by byly integrovány do vrchní stanové plachty (v současné době se nejčastěji používají kopulovité dvouvrstvé stany). Regulační obvody (pomocné obvody pro kontrolu nabíjecího procesu), zřejmě i s USB konektorem by pak byly vytvořeny na běžném substrátu. Propojení plachty s řídicím obvodem by mohlo být jak pevné, tak rozpojovací pomocí flexibilního kabelu.

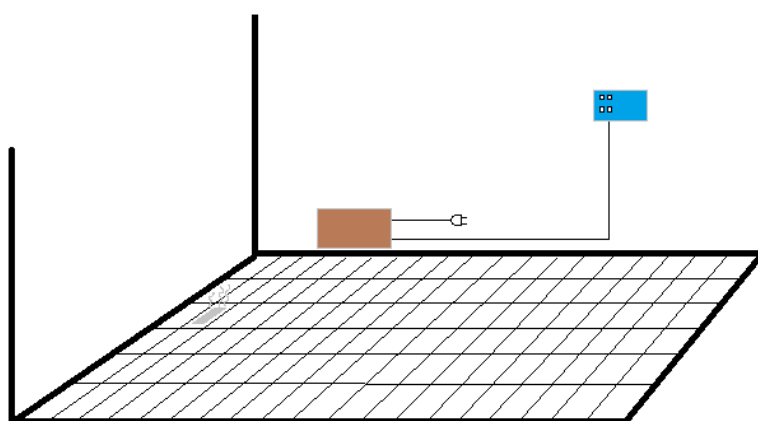
Ač vlákna s fotoelektrickým jevem jsou již popsána nepodařilo se mi při průzkumu dostupnosti materiálu dohledat, že se již začala průmyslově vyrábět. Ostatní komponenty by již měly být běžně dostupné. Jedná se tedy stále o čistě teoretickou úvahu.

## 5.2 Podlahové vytápění pomocí e-Koberce

Koberec je již od prvopočátku užitná věc využívaná především ke zvýšení tepelného komfortu v našich domovech. Tento komfort vychází jak z pocitových vjemů (podlaha nestudí, barva), tak ze skutečné teploty. V současnosti je moderní využívání podlahového vytápění, které je založené na využití nízkých teplot okolo 20 °C (max. do 50°C) a velké plochy.

Zatímco na trhu jsou dnes k dostání vyhřívací koberčky malých rozměrů, které nejsou příliš flexibilní, myšlenka e-Koberce je v celoplošném vyhřívání. Tyto koberce by bylo možné vybavit sítí senzorů, které by dokázaly detekovat nášlapnou pozici a v tomto místě zvýšit vyhřívací teplotu pro zvýšení komfortu. Dále by se tyto koberce daly vybavit termochromatickými vlákny, takže by koberec měnil motiv podle teploty.

Celoplošné vytápění, kdy bude koberec přes celou místnost nám přináší problematiku, jak diverzifikovat plochy na zastavěné a volné. Zastavěné plochy nábytkem nebudeme chtít vytápět, bude tedy nutné hned na začátku určit, jestli jít cestou personifikované výroby, kdy bychom vyráběli koberec přímo podle zadání zákazníka nebo se najde takové technické řešení, které by umožňovalo univerzálnost. Výroba na míru zákazníka by byla z technického řešení ideální, na druhou stranu by takové řešení bylo dražší. Je tedy otázka, jakou cenu by byl zákazník ochoten akceptovat.



**Obrázek 5-3**  
Nákres vyhřívacího koberce

Je potřeba vhodně rozdělit plochu koberce, tak aby bylo možné deaktivovat plochy, kde nebude požadováno vytápění (jedná se především o plochy zakryté nábytkem). Ke koberci by byla potřeba řídicí elektronika, kterou můžeme uvažovat

zabudovanou do rozvaděče ke kterému by mohlo být připojeno i externí venkovní čidlo. Součástí řízení musí být uživatelské rozhraní pro nastavení tepelného režimu a deaktivaci částí koberce. Podle velikosti celého rozvaděče se pak dá uvažovat o rozdělení výkonové části, která by zřejmě byla usazena někde u země a ovladač (uživatelské rozhraní), který by byl umístěn podle přání zákazníka. Komunikace mezi těmito moduly pak může být uskutečněna jak pomocí kabelového propojení, tak bezdrátově. Technickou problematiku pak můžeme rozdělit do těchto základních částí: detekce osob, vyhřívání, řízení.



**Obrázek 5-2**  
Nákres vrstev koberce. 1-vrstva se senzory tlaku, 2-vrstva vyhřívací, 3-vrstva nášlapná s termochronickým motivem

Detekce osob může být konstruována jako síť spínačů. Může se jednat o podobnou konstrukci jako je popisována u senzorů váhy, ale pro nás není podstatné měření váhy, spíš

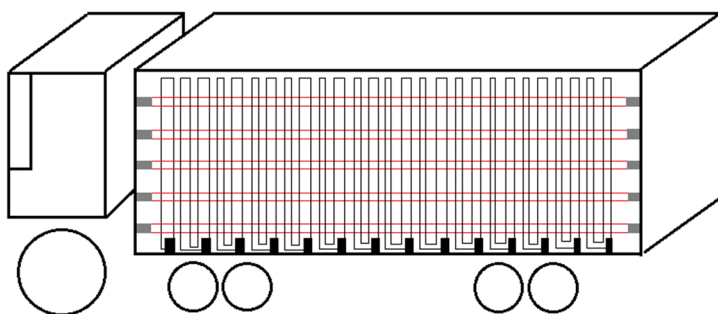


bude třeba vhodně definovat váhu sepnutí, tak aby nedocházelo k nežádoucímu spínání např. domácími mazlíčky.

Pro vytvoření vyhřívací vrstvy máme k dispozici dostatečné množství vodivostních, polovodivostních vláken. Vhodný výběr bude záviset na mechanických vlastnostech vlákna, tak aby vydržela běžný provoz v domácnostech. Jedná se především o lámavost vlákna při nášlapu, vysávání, občasné rozlití tekutin.

### 5.3 Zabezpečovací systém pro nákladní dopravu

U nákladních vozidel je možné použít zabezpečovací systém pouze pro ochranu kabiny. Jak chránit náklad je však složitější otázka. Nákladní prostor můžeme rozdělit podle konstrukce na dva základní typy: pevná nástavba a oplachtování. Pevná nástavba ochranu nijak zvlášť nepotřebuje, protože náklad je pevně uzavřen, uzamčen, v kontejneru a není snadné se do takového kontejneru dostat. Takovéto kontejnery se často využívají pro lodní dopravu, lze je jednoduše přesunout, aniž by se porušilo zaplombování. Jejich velká nevýhoda je však cena, váha a možnost nakládky, vykládky jen přes čelo, čímž se omezuje možnost naložení dlouhých nebo atypicky rozměrných, těžkých produktů. To do značné míry omezuje jejich použití, proto se využívá oplachtovaný nákladový prostor. Ten je většinou zpracován jako látkový se zátěrem. Umožňuje nám variabilitu v nakládce, vykládce, jedná se o lehký materiál a dá se rozměrově upravovat. Problém u těchto plachet je, že se snadno dají překonat, nedají se zaplombovat, a tak se v poslední době často objevují krádeže zboží z těchto návěsů (přívěsů) během zastávky na parkovišti. Dalším problémem, který se však objevuje pouze v zimě je námraza, která se může vyskytnout na horní plachtě návěsu i během jízdy, aniž by si toho mohl řidič všimnout. Ta bohužel při přejezdu hrbolu na silnici je vystřelována a padá za nákladní vozidlo, čímž ohrožuje ostatní účastníky provozu.



Obrázek 5-4  
Nákres možného vytvoření smyček na boční plachtě

Při využití e-textilu by bylo možné řešit jak problém zabezpečení nákladu, tak omezení vzniku námrazy. Pro vyřešení námrazy by se vrchní plachta vytvořila pomocí topných vláken, která by dokázala zamezit

vzniku námrazy. Pro vyřešení zabezpečovacího systému je představa taková, že by se bočnice protkaly vodivým vláknem i když by bylo možné vodivý motiv provést i tiskem. Samotné vyhodnocení by se pak mohlo provést na základě rozpojení daného obvodu (smyčky), při průběžném měření R, L, C parametrů.

Není jasné, jak hustý by musel být vodivý motiv abychom měli jistotu, že vždy zachytíme proříznutí látky. Jaká by byla stabilita R, L, C parametrů při běžném provozu (ohyb látky, různé natahování, smršťování...) a konečně jaká by byla energetická náročnost. Dále by bylo vhodné vymyslet způsob, jak tento systém opravovat, jelikož plachta se může protrhnout při jízdě o větve stromů.

Je jisté, že systém by nebyl energeticky samostatný, ale byl by napojený na napájení tahače, nicméně neměl by příliš zvyšovat spotřebu, to by bylo nevhodné. Také je potřeba, aby byl systém schopný provozu z autobaterie přes noc, aniž by došlo k vybití baterie. Elektronický vyhodnocovací obvod by mohl být umístěn v kabině vozidla. Signalizace problému by pak byla směřována převážně na upozornění řidiče, případně jako nadstavba kontaktování nějakého vzdáleného střediska.

## Závěr

Již nějakou dobu má klasický textilní průmysl velký problém udržet se konkurenceschopným, proto se hledají nové cesty, jak tento klasický textilní průmysl oživit. Ve zprávě České technologické platformy pro textil z roku 2009 je psáno [5], že cesta ke konkurenceschopnosti je v high-tech technologiích. Dále je pak zmiňována potřeba vývoje na poli chytrých textilií a základních vláken s přidanou vlastností.

Tato rešeršní práce měla za úkol popsat základní principy a parametry dostupných průmyslových chytrých textilií, což bylo splněno v kapitole 1 a 2. Funkční prvky na vláknech byly popsány v kapitole 3 a 4 a částečně i v kapitole 2. Posledním úkolem bylo navrzení nové oblasti využití v průmyslu což bylo popsáno v kapitole 5.

Při hledání volně dostupné dokumentace k textilním smart technologiím byla velká část času věnována internetovým zdrojům, převážně pak stránkám výrobců textilu a vysokých škol v České republice. V rámci prohledaných zdrojů bylo zjištěno, že většina textilních firem neuvádí informace zda se tomuto novému trendu nějak věnují. Výjimkou je firma Applycon, která se věnuje jak vývoji nových technologií, tak následné úpravě výrobních technologií při nasazení do hromadné výroby. U vysokých škol se tomuto tématu věnuje většina technických univerzit, jmenovitě: Technická univerzita v Liberci – vývoj nových typů vláken, Západočeská univerzita v Plzni – vývoj chytrých obleků, Vysoká škola chemickotechnologická v Praze – nové typy chemických senzorů na vláknech a Vysoké učení technické v Brně – vývoj organických fotovoltaických článků. Na jejich stránkách je možné dohledat výčet projektů, na kterých pracovaly, nebo ještě pracují což dokládá aktuálnost a žádanost po informacích na tomto poli.

Je zřejmé že produkty využívající chytrých textilií se pomalu dostávají do běžného života ačkoliv jsou stále na počátku. Můžeme proto v budoucnosti očekávat, že se chytré textilie budou podílet na rozvoji textilního průmyslu. Návrh uvedený v kapitole 5.1 zatím není možné provést, ale dá se očekávat že v budoucnu bude možná jeho realizace. Návrhy uvedené v kapitole 5.2 a 5.3 je možné dále detailněji propracovat již nyní.


## 6 Bibliografie

- [1] Bednář, M. (07. 09 2017). *Britové odhalili revoluční systém zavěšení kol. Nahradí prý pružiny i tlumiče*. Načteno z [www.autoforum.cz](http://www.autoforum.cz): <http://www.autoforum.cz/technika/britove-odhalili-revolucni-system-zaveseni-kol-ma-nahradit-pruziny-i-tlumice/>
- [2] Binghamton, U. (2017). New self-powered paper patch could help diabetics measure glucose during exercise. *Phys Org*, <https://phys.org/news/2017-09-self-powered-paper-patch-diabetics-glucose.html>.
- [3] Clevertex. (12. 05 2018). *ELEKTRICKY VODIVÉ HYBRIDNÍ NITĚ*. Načteno z [www.clevertex.eu](http://www.clevertex.eu): <http://www.clevertex.eu/vodive-nite/elektricky-vodive-hybridni-nite-detail-761>
- [4] Cutecircuit. (05. 05 2018). *WEARABLE TECHNOLOGY*. Načteno z [cutecircuit.com](http://cutecircuit.com): [http://cutecircuit.com/wearable-technology/#after\\_full\\_slider\\_1](http://cutecircuit.com/wearable-technology/#after_full_slider_1)
- [5] ČTPT. (2009). *Strategická výzkumná agenda*. Česká technologická platforma pro textil.
- [6] Elektex. (04. 05 2018). *Eleksen*. Načteno z <https://www.elektex.com>: <https://www.elektex.com/>
- [7] Erhart, J. (22. 06 2009). *Piezoelektrina a další elektromechanické jevy I*. Načteno z [www.3pol.cz](http://www.3pol.cz): <https://www.3pol.cz/cz/rubriky/astronomie/40-piezoelektrina-a-dalsi-elektromechanicke-jevy-i>
- [8] Faramugo. (05. 05 2018). *Aktivně svítící kšitory od Scilifu*. Načteno z [www.faramugo.cz](http://www.faramugo.cz): <https://www.faramugo.cz/equiray.html>
- [9] Kobakant. (04. 05 2018). *Actuators*. Načteno z <http://www.kobakant.at>: <http://www.kobakant.at/DIY/?p=5935>
- [10] Kobakant. (04. 05 2018). *Conductive paints and inks*. Načteno z [www.kobakant.at](http://www.kobakant.at): <http://www.kobakant.at/DIY/?p=634>
- [11] Křemenáková, D., Militký, J., & Lédl, V. (05. 05 2018). *Využití stranově vyzářujících optických vláken*. Načteno z [www.ft.tul.cz](http://www.ft.tul.cz): <http://www.ft.tul.cz/files/katedry/KMI/Laborato%20C5%99e/liniov%C3%A9%20zdroje.pdf>
- [12] Mattila, H. R. (2006). *Intelligent textiles and clothing*. ISBN-13: 978-1-84569-162-2. Woodhead Publishing Limited.
- [13] Mrázová, K. (20. 12 2017). Odlehčený chytrý hasičský oblek se začíná testovat. *Plzeňský deník*, stránky [https://plzensky.denik.cz/zpravy\\_region/odlehceny-chytry-hasiccky-oblek-se-zacina-testovat-20171220.html](https://plzensky.denik.cz/zpravy_region/odlehceny-chytry-hasiccky-oblek-se-zacina-testovat-20171220.html). Načteno z [https://plzensky.denik.cz/zpravy\\_region/odlehceny-chytry-hasiccky-oblek-se-zacina-testovat-20171220.html](https://plzensky.denik.cz/zpravy_region/odlehceny-chytry-hasiccky-oblek-se-zacina-testovat-20171220.html)
- [14] Novák, O. (05. 05 2018). *Technické textilie*. Načteno z [nanoed.tul.cz](http://nanoed.tul.cz): [https://nanoed.tul.cz/pluginfile.php/596/mod\\_resource/content/2/TTX1\\_%C3%A9avod.pdf](https://nanoed.tul.cz/pluginfile.php/596/mod_resource/content/2/TTX1_%C3%A9avod.pdf)
- [15] Ozgur Atalay, W. R. (21. 08 2013). *Textile-Based Weft Knitted Strain Sensors: Effect of Fabric Parameters on Sensor Properties*. Načteno z [www.ncbi.nlm.nih.gov](http://www.ncbi.nlm.nih.gov): <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3812645/>
- [16] Perner-Wilson, H. (2017). *Handcrafting Textile Sensors*. MIT.
- [17] Redakce\_HW\_serveru. (02. 05 2013). Chytrá cyklistická bunda z TUL sbírá medaile. *vyvoj.hw.cz*, stránky <https://vyvoj.hw.cz/trendy/chytra-cyklisticka-bunda-z-tul-sbira-medaile.html>. Načteno z <https://vyvoj.hw.cz/trendy/chytra-cyklisticka-bunda-z-tul-sbira-medaile.html>

- [18] Safibra. (05. 05 2018). *Polyfunkční Technické Textilie chránící před přírodními riziky*. Načteno z [www.safibra.cz](http://www.safibra.cz): <http://www.safibra.cz/polytectcz>
- [19] SensingTex. (04. 05 2018). *Pressure Sensor Tex Dev Kit*. Načteno z [www.sensingtex.com](http://www.sensingtex.com): <http://sensingtex.com/product/pressure-sensor-tex-dev-kit/>
- [20] Shieldextrading. (08. 05 2018). Načteno z [www.shieldextrading.net](http://www.shieldextrading.net): <https://www.shieldextrading.net/>
- [21] SCHNEEGASS, S., & AMFT, O. (2017). *Smart textiles, Fundamentals, Design and interaction*. ISBN 978-3-319-50123-9. Springer International Publishing AG.
- [22] Sodomka, L. (5. 8 2013). *Triboelektrina a triboluminiscence polymerů a nanovláken 1*. Načteno z [sodomkalubomir.blog.cz](http://sodomkalubomir.blog.cz): <http://sodomkalubomir.blog.cz/1308/triboelektrina-a-triboluminiscence-polymeru-a-nanovlaken-1>
- [23] Stoppa, M., & Chiolerio, A. (23. 07 2015). *Wearable Electronics and Smart Textiles: A Critical Review (Part 1)*. MDPI, stránky <http://www.mdpi.com/1424-8220/14/7/11957/htm>. Načteno z <http://medgizmo.info/lib/wearable-electronics-and-smart-textiles-a-critical-review>
- [24] Vivosense. (04. 05 2018). *Lifeshirt*. Načteno z [www.vivosense.com](http://www.vivosense.com): <https://www.vivosense.com/portfolio/lifeshirt/>
- [25] Vokáč, L. (30. 04 2015). *Goodyear má pneumatiky budoucnosti. Dobijí baterie a mění tvar*. Načteno z [auto.idnes.cz](http://auto.idnes.cz): [https://auto.idnes.cz/goodyear-koncepty-bh03-a-triple-tube-du9-/automoto.aspx?c=A150313\\_193705\\_automoto\\_vok](https://auto.idnes.cz/goodyear-koncepty-bh03-a-triple-tube-du9-/automoto.aspx?c=A150313_193705_automoto_vok)
- [26] Weiter, M. (24. 02 2011). *Vývoj a aplikace organických fotovoltaických systémů*. Načteno z <http://www.chempoint.cz>: <http://www.chempoint.cz/weiter1>
- [27] Wikipedia. (12. 05 2018). *Air splicing*. Načteno z <https://cs.wikipedia.org>: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Splicing\\_\(příze\)](https://cs.wikipedia.org/wiki/Splicing_(příze))
- [28] Wikipedia. (04. 05 2018). *Pletenina*. Načteno z [cs.wikipedia.org](https://cs.wikipedia.org): <https://cs.wikipedia.org/wiki/Pletenina>
- [29] Wikipedia. (04. 05 2018). *Splétání textilních materiálů*. Načteno z [cs.wikipedia.org](https://cs.wikipedia.org): [https://cs.wikipedia.org/wiki/Spl%C3%A9t%C3%A1n%C3%AD\\_textiln%C3%ADch\\_materi%C3%A1l%C5%AF](https://cs.wikipedia.org/wiki/Spl%C3%A9t%C3%A1n%C3%AD_textiln%C3%ADch_materi%C3%A1l%C5%AF)
- [30] Wikipedie. (04. 05 2018). *Plátno*. Načteno z [wikipedia.org](https://cs.wikipedia.org): <https://cs.wikipedia.org/wiki/Pl%C3%A1tno>
- [31] Youtube. (05. 05 2018). *The Goodyear BH03*. Načteno z [www.youtube.com](http://www.youtube.com): <https://www.youtube.com/watch?v=N1Io5ex7BO4>

## 7 Přílohy

### 7.1 Příloha 1 – Technický list vodivého vlákna



SHIELDDEX<sup>®</sup>  
associated by  
statex

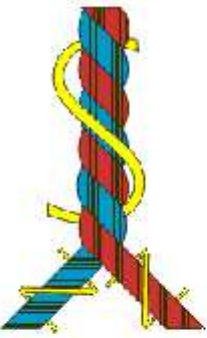

# Technical Data Sheet

**PN# 260121011717**

---


**Shieldex® Conductive Twisted Yam**  
**Silver Plated Nylon 66 Yam 117/17 dtex 2-ply**

- Purpose: anti-microbial applications for garments, smart textiles, and sewing thread
- Description: 99% pure Silver plated Nylon yarn 140/17 dtex
- Liner Resistance: < 30Ω/cm
- Yield: 35,000 M/Kg
- Tenacity: Average 70 cN/tex
- Elongation: abt. 40%
- Denier: 240/34f (S 620 550 tpm Z)
- Melt Point (F): 492





**Package Properties**  
**Core Type:** 3 Deg-30 Min Cone 9"  
**Core Material:** Pressed Paper or plastic  
**Product ID Color:** Gray  
**Package Weight:** 0.1 LB Nominal  
**Package Weight Control:** +/- .1 lb. within single case


Cross section views of nylon fiber showing silver deposits



For retail website, scan with Smart Phone!



**Accreditations:**  
**RoHS: Compliant**  
**Reach: Compliant**  
**Acc. ISO 9001:2000**




*A Family Owned, Small Business*

---

**VTT/Shieldex Trading USA**  
**4502 Rt-31 Palmyra, NY, 14522**

Statex Productions & Vertriebs GmbH  
 Kleiner Ort 11 28357 Bremen Germany  
 Tel: +49 421 275047/8, Fax: +49 421 273543  
 info@statex.de

**Phone: 315-597-1674**  
**Fax: 315-597-6687**  
**Email: whoge@rochester.rr.com**  
**Www.shieldextrading.net**



©2010 VTT  
Rev 1.20.12

Obrázek 7-1  
Technický list vodivého vlákna Shieldex 117-17 2ply  
[20]

## Technical data sheet (in nominal values)

Trade name	Material composition	Thread fineness in tex	Linear resistance in $\Omega/m$	Dry strenght in cN/tex	Dry elongation in %
HI-COND Brass art.27A	PES multifilament/brass	37	14,65	20,59	10,37
HI-COND Brass art.26A	PES multifilament/brass	54	9,82	22,76	10,77
HI-COND Brass art.55	PES multifilament/brass	62	9,35	19,14	10,57
HI-COND Brass art.25A	PES multifilament/brass	72	8,90	21,82	10,16

Trade name	Material composition	Thread fineness in tex	Linear resistance in $\Omega/m$	Dry strenght in cN/tex	Dry elongation in %
HI-COND FR art.45	viscose rayon filament FR/brass	54	14,80	11,11	8,92
HI-COND FR art.47	M-aramid/brass	170	15,70	15,64	29,72
HI-COND FR art.49	Polyoxadiazole/brass	93	14,80	26,29	10,07
HI-COND FR art.56	Polyoxadiazole/ stainless steel	71	2590,00	32,35	15,44

Trade name	Material composition	Thread fineness in tex	Linear resistance in $\Omega/m$	Dry strenght in cN/tex	Dry elongation in %
HI-COND Stainless art.7A	PES multifilament/ stainless steel	38	2420,20	53,11	14,39
HI-COND Stainless art.51	PES multifilament/ stainless steel	41	1158,40	49,59	12,54
HI-COND Stainless art.52	PES multifilament/ stainless steel	44	779,00	50,55	14,74

Trade name	Material composition	Thread fineness in tex	Linear resistance in $\Omega/m$	Dry strenght in cN/tex	Dry elongation in %
HI-COND CA art.54	PES multifilament/ silver plated copper	38	8,60	30,72	12,73
HI-COND CA art.53	PES multifilament/ silver plated copper	50	6,50	31,59	14,08

Obrázek 7-2  
Technický list pro nitě Clevertex  
[3]

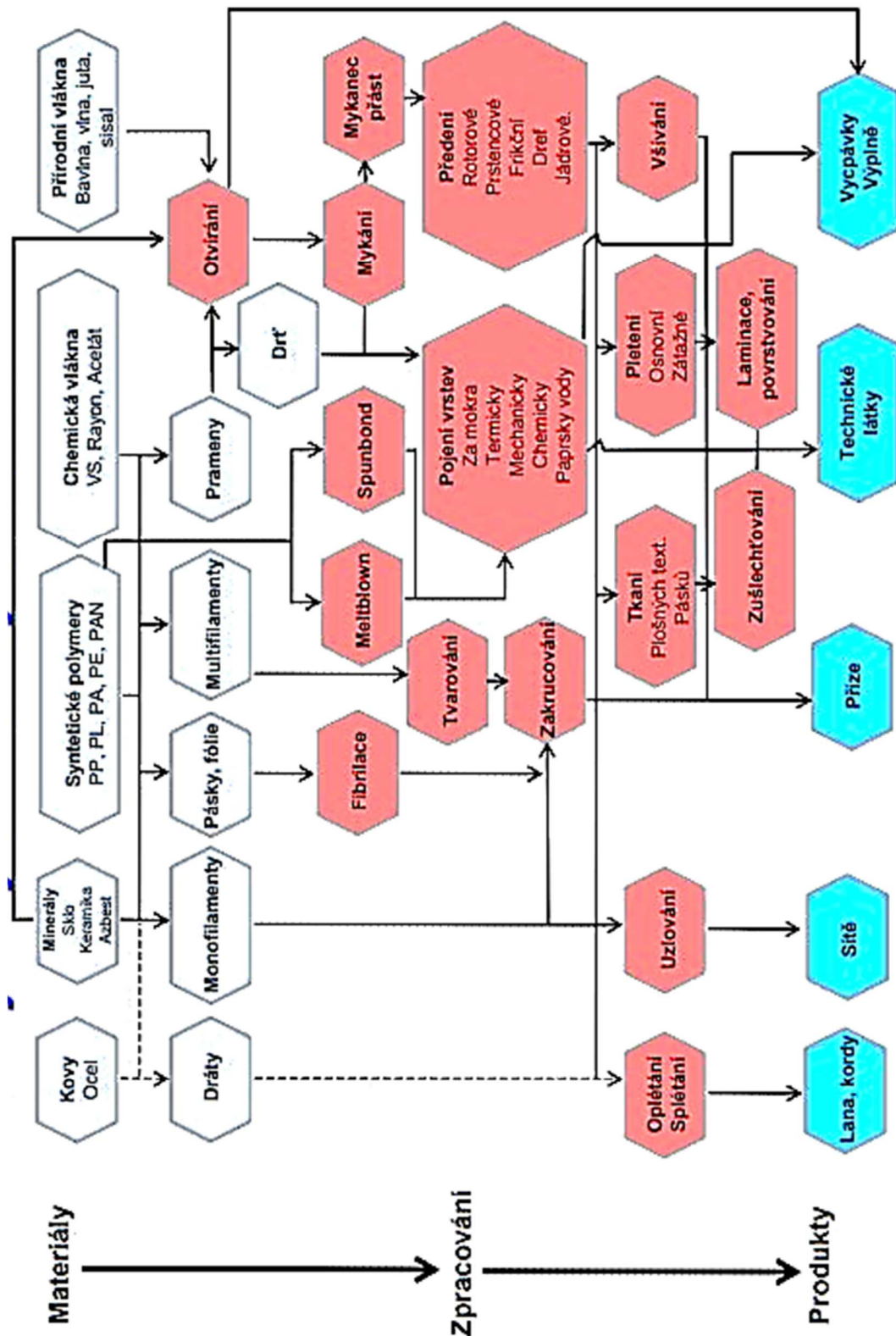
## 7.2 Příloha 2 - dodavatelé vodivých vláken a látek

Tabulka 7-1, seznam nalezených dodavatelů vodivých vláken a látek

NÁZEV	ODKAZ	STÁT
LAMÉ LIFESAVER	<a href="http://conductive-thread.ca">http://conductive-thread.ca</a>	Canada
3L TEX.,CO.LTD	<a href="http://www.3ltex.com">http://www.3ltex.com</a>	China
AJIN ELECTRON	<a href="http://ajinelectron.co.kr/eng/">http://ajinelectron.co.kr/eng/</a>	Korea
BEKAERT	<a href="http://www.bekaert.com">http://www.bekaert.com</a>	Belgium
EEONYX	<a href="http://eeonyx.com">http://eeonyx.com</a>	USA
GUNZE	<a href="http://www.gunze.co.jp/english/">http://www.gunze.co.jp/english/</a>	Japonsko
HEATHCOAT FABRICS LTD	<a href="http://www.heathcoat.co.uk/">http://www.heathcoat.co.uk/</a>	UK
KARL GRIMM GMBH	<a href="http://karl-grimm.com">http://karl-grimm.com</a>	DE
LAIRD TECHNOLOGIES	<a href="http://www.lairdtech.com">http://www.lairdtech.com</a>	UK
LESSEMF	<a href="http://www.lessemf.com">http://www.lessemf.com</a>	USA
MITSUFUJI	<a href="https://www.mitsufuji.co.jp/en/">https://www.mitsufuji.co.jp/en/</a>	Japonsko
NOBLE BIOMATERIALS, INC.	<a href="http://noblebiomaterials.com">http://noblebiomaterials.com</a>	USA
OTEX SPECIALTY NARROW FABRICS®	<a href="http://www.osnf.com">http://www.osnf.com</a>	USA
PLUGANDWEAR	<a href="http://www.plugandwear.com">http://www.plugandwear.com</a>	Italy
SHIELDEX	<a href="http://www.shieldextrading.net/">http://www.shieldextrading.net/</a>	USA
SPARKFUN ELECTRONICS®	<a href="http://www.sparkfun.com">http://www.sparkfun.com</a>	USA
STATEX PRODUKTIONS & VERTRIEBS GMBH	<a href="https://www.statex.de/">https://www.statex.de/</a>	DE
STATICFACTION INC.	<a href="http://www.staticfaction.com">http://www.staticfaction.com</a>	USA
SYSCOM ADVANCED MATERIALS	<a href="http://www.metalcladfibers.com/">http://www.metalcladfibers.com/</a>	USA
TORAY TEXTILES EUROPE LTD.	<a href="http://www.seeitsafe.co.uk">http://www.seeitsafe.co.uk</a>	UK
V TECHNICAL TEXTILES INC	<a href="http://www.fine-silver-productsnet.com">http://www.fine-silver-productsnet.com</a>	USA
CLEVER TEX	<a href="http://www.clevertex.cz">http://www.clevertex.cz</a>	CZ



7.3 Příloha 3 – Schéma výroby technických textilií



Obrázek 7-3  
Schéma výroby technických textilií  
[14]