

# SMART TEXTILES

---

-älytekstiilit ja niiden kartoitus  
tekstiilisuunnittelijan näkökulmasta

Anette Jääskeläinen  
Metropolian Ammattikorkeakoulu  
Tekstiilisuunnittelu  
Muotoilun koulutusohjelma  
Opinnäytetyö  
18.4.2019

# TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyö käsittelee älytekstiilejä tekstiilisuunnittelijan näkökulmasta sekä sitä, miten tekstiilin saa reagoimaan. Toimeksiantona opinnäytetyössä on kartoittaa älytekstiilejä kansainvälisillä markkinoilla.

Tutkimusosuus syventyy älytekstiilien maailmaan ja selvittää miten ne eroavat perinteisistä tekstiileistä. Keskeisiä osa-alueita ovat myös reagointi sekä materiaalit älytekstiileissä. Reagointi-osuus syventyy ärsykkeisiin, joihin älytekstiili voi reagoida sekä miten älytekstiilin saa reagoimaan. Tutkimusosuuden kolmas vaihe esittelee erilaisia älykkäitä materiaaleja ja sähköä johtavia kuituja sekä lankoja. Tutkimusosuudessa pohditaan myös yleisellä tasolla älytekstiilien ekologisiaky-symyksiä, miten älytekstiilejä voidaan kierrättää sekä mitä ekologisuudella voidaan myös tarkoittaa ympäristöasioiden lisäksi.

Kartoitusosuus esittelee erilaisia älytekstiilejä kansainvälisiltä markkinoilta, vastaten samalla käytännön esimerkkien avulla opinnäytetyön tutkimuskysymyksiin.

Tekijä: Anette Jääskeläinen  
Otsikko: Smart textiles- älytekstiilit ja niiden kartoitus tekstiilisuunnittelijan näkökulmasta  
Sivumäärä: 39  
Aika: 18.4.2019  
Tutkinto: Muotoilija AMK  
Koulutusohjelma: Muotoilun koulutusohjelma  
Suuntaaminen: Tekstiilisuunnittelu  
Ohjaajat: Tuija Nieminen, tekstiilisuunnittelun lehtori  
Rosa Piironen, tekstiilisuunnittelija

Avainsanat: #älytekstiilit #älykästeknologia  
#sähköjohtavatkuidut  
#älykkäätmateriaalit #reagoivattekstiilit  
#vuorovaikutteisettekstiilit

# ABSTRACT

The aim of this thesis is to focus on smart textiles from a textile designer's point of view and to demonstrate what kinds of smart textiles are available in the international markets, and what kinds of smart textiles are still developed.

The survey area of the thesis is divided into three different chapters: what are smart textiles, response and textile materials in smart textiles. The chapter about the response demonstrates what the stimuli are and how smart textiles respond. The textile material chapter is about smart materials and conductive fibers, which are used in smart textiles.

Sustainability in smart textiles is also generally considered, questions like how can smart textiles be recycled and what sustainability also can mean besides taking care of environmental issues.

The functional part of the thesis focuses on demonstrating smart textiles that are available in international markets, both in interior and wearable section for the client IIIK INTO Oy.

Author: Anette Jääskeläinen

Title: Smart textiles- introduction and survey of smart textiles from a textile designer's point of view

Number of pages: 39

Date: 18th April 2019

Degree: Bachelor of culture and arts

Degree programme: Design

Specialisation option: Textile Design

Instructors: Tuija Nieminen, Senior Lecturer  
Rosa Piironen, Textile designer

Keywords: #smarertextiles #smarttechnology  
#conductivefibers #smartmaterials  
#interactivetextiles #responsivetextiles  
#wearabletechnology

# SISÄLLYS

<b>1</b> Johdanto.....	1	<b>11</b> Kartoitus: älytekstiilejä kansainvälisillä markkinoilla .....	19
<b>2</b> Viitekehys.....	2	<b>11.1</b> Layer x Airbus.....	20
<b>3</b> Tutkimuskysymys.....	3	<b>11.2</b> Project Jacquard by Google.....	21
<b>4</b> Toimeksiantajan esittely.....	4	<b>11.3</b> Gunrid by Ikea.....	23
<b>5</b> Mitä älytekstiilit ovat?.....	5	<b>11.4</b> Drapilux Air & Bioaktiv.....	24
<b>6</b> Älytekstiilien jaottelu .....	7	<b>11.5</b> Luminous textile by Philips & Kvadrat.....	25
<b>7</b> Älykkäät materiaalit.....	8	<b>11.6</b> Nadi X by Wearable X.....	26
<b>8</b> Reagointi.....	11	<b>11.7</b> Gradient Weave by University of Borås.....	27
<b>9</b> Sähköä johtavat materiaalit.....	14	<b>11.8</b> Suitceyes by University of Borås.....	28
<b>10</b> Ekologisuus ja kierrätys.....	18	<b>11.9</b> Koonti.....	29
		<b>12</b> Yhteenveto.....	31
		Lähteet.....	32
		Kuvalähteet.....	35

# 1. JOHDANTO .....

Opinnäytetyöni käsittelee tekstiilisuunnittelijan näkökulmasta älytekstiilejä sekä kartoittaa minkälaisia älytekstiilejä on markkinoilla sekä vasta kehitteillä. Opinnäytetyöni aihe valikoitui omien kiinnostuksieni pohjalta, ja olinkin onnekas saadessani kuulla, että myös toimeksiantajani kaipasi syventymistä tähän aihealueeseen. Tutustuin itse älytekstiileihin vaihto-opintojeni aikana Boråsin yliopistossa, jonka jälkeen syvennyin aiheeseen artikkelien sekä kirjallisuuden avulla.

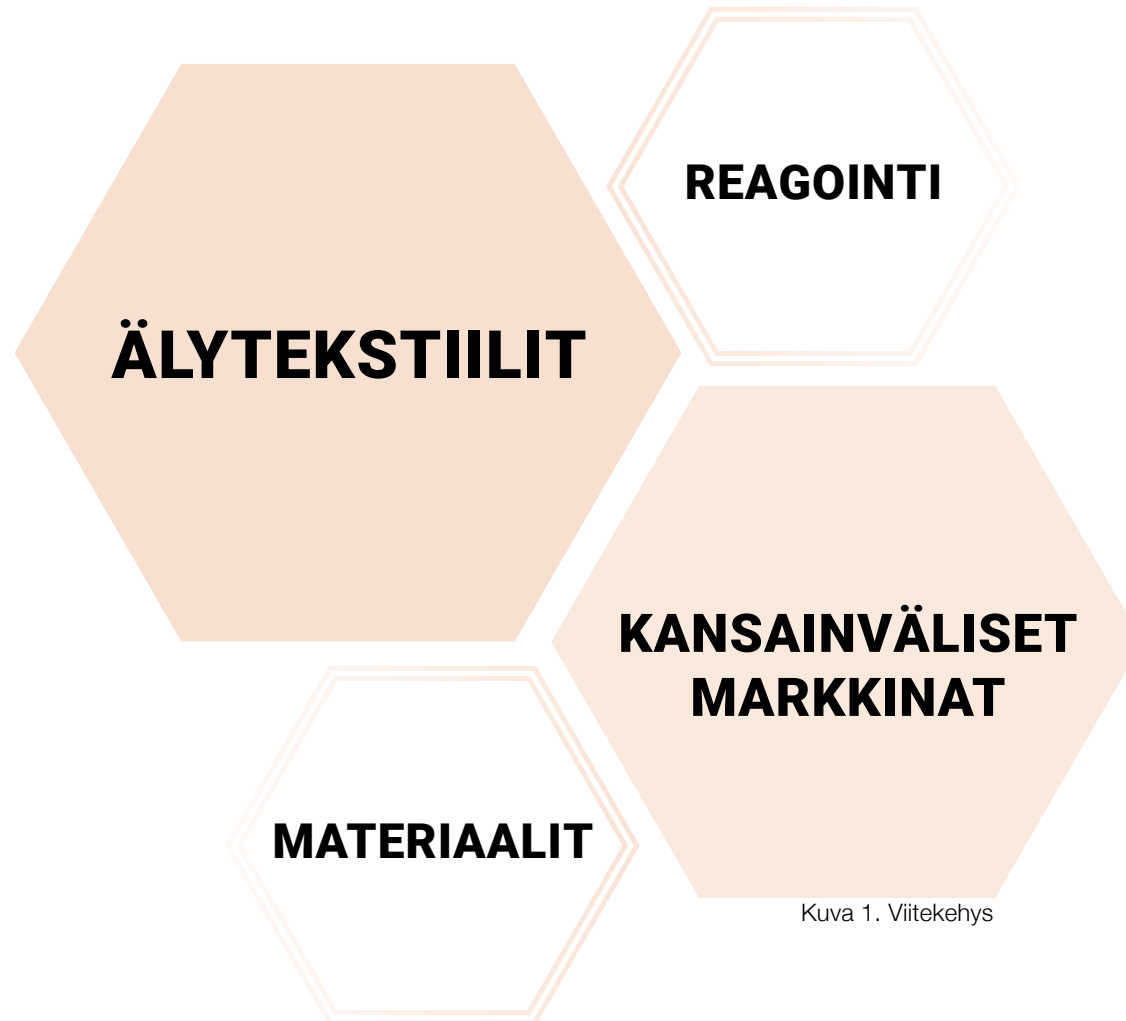
Tutkimusosuuden alussa avaan termiä 'älytekstiili'. Mikä tekee tekstiilistä älykkään sekä missä niitä käytetään. Älytekstiilejä kutsutaan suomen kielessä myös reagoiviksi tekstiileiksi ja reagointi onkin yksi osa-alueista opinnäytetyössäni sekä tutkimuskysymyksissä. Hain aikoinani opiskelemaan tekstiilisuunnittelua, koska olen kiinnostunut tekstiilimateriaaleista sekä -kuiduista, joten syvennyin niihin myös opinnäytetyössäni. Tutkin, minkälaisia materiaaleja älytekstiileissä käytetään, sekä mitä ovat älykkäät tekstiilimateriaalit. Tekstiilialalla ja suunnittelijana on tärkeää miettiä myös ekologisia kysymyksiä, joten avaan myös

älytekstiilien kierrätystä, sekä mitä muuta ekologisuus voi tarkoittaa ympäristöasioiden lisäksi.

Toimeksiantoa varten olen kartoittanut toimeksiantajan toiveesta älytekstiilejä kansainvälisiltä markkinoilta. Kartoituksen pohjalta valikoin tarkempaan tutkintaan ja esittelyyn erilaisia älytekstiilejä. Pyrin selvittämään mahdollisimman hyvin tiedonsaataavuuden rajoissa, mitä materiaaleja niissä on käytetty sekä miten niistä on saatu ärsykkeisiin reagoivia. Valitessani älytekstiilejä kiinnitin huomioita siihen, että niistä olisi mahdollisimman paljon tietoa saatavilla, jotta saisin tehtyä niistä kattavan tietopakettin. Halusin myös, että älytekstiilit olisivat eri osa-alueilta ja että ne olisivat myös semmoisia, mitä ei aikaisemmin tehdyissä opinnäytetyöissä olisi jo käsitelty.

Päätin kirjoittaa opinnäytetyöni suomen kielellä, koska älytekstiilit ovat tekstiilialalla suhteellisen uusi alue eikä termeille ole vakiintunut vielä suomenkielisiä termejä. Ajatuksena on myös, että opinnäytetyö toimisi visuaalisena suomenkielisenä tietopaketina aiheesta kiinnostuneille.

## 2.VIITEKEHYS



Kuva 1. Viitekehys

# 3.TUTKIMUSKYSYMYS

---

Viitekehyksessä (kuva 1) näkyvät keskeisimmät osa-alueet, joita käsitelen opinnäytetyön kvalitatiivisessä tutkimuksessa: älytekstiilit, reagointi, materiaalit sekä kansainväliset markkinat.

Tutkimusosuudessa syvennyttään älytekstiilien maailmaan ja vastataan lähdekirjallisuuden pohjalta tutkimuskysymyksiin.

Opinnäytetyön toiminnallista osuutta varten olen kartoittanut älytekstiilejä kansainvälisiltä markkinoilta. Esittelen kartoituksen pohjalta erilaisia älytekstiilejä, joita on kehitteillä sekä mitä on jo saatavilla markkinoilla. Palaan tässä osuudessa myös käytännön esimerkkien kautta tutkimuskysymyksiin, joihin vastataan yksilöllisesti jokaisen älytekstiilin kohdalla.

Opinnäytetyössä tulee samalla pohdittua älytekstiilialan sanastoa sekä termejä, koska näille ei ole vielä määritelty yleispäteviä suomenkielisiä käsitteitä. Opinnäytetyön toimeksiantaja on IIIK INTO OY.

---

*Miten tekstiilin saa reagoimaan?*

*Mitä älytekstiiliratkaisuja on markkinoilla?*

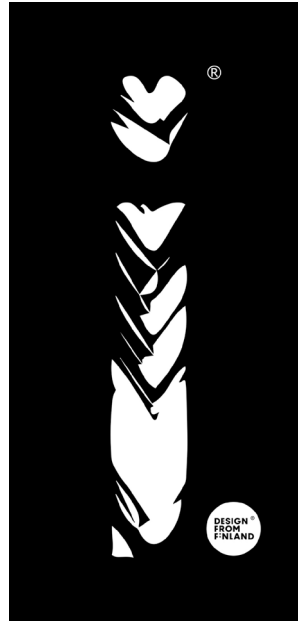
*Mitä älytekstiiliratkaisuja on tällä hetkellä tutkimuksessa?  
Mihin näitä älytekstiiliratkaisuja käytetään sekä sovelletaan?*

---

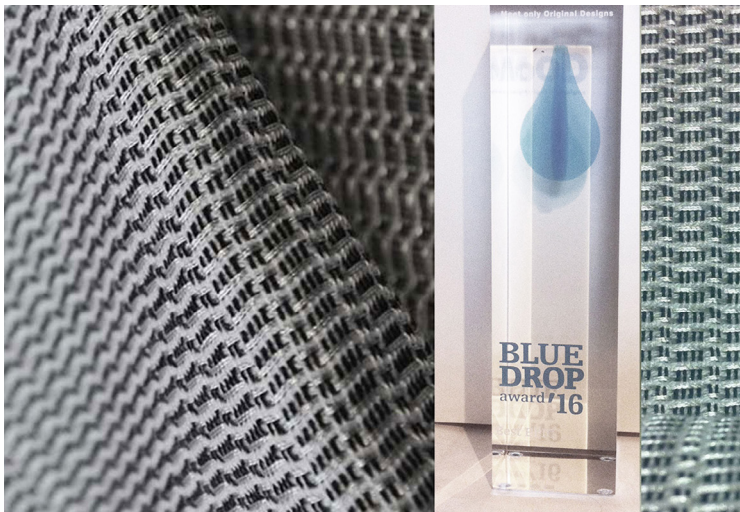
# 4. TOIMEKSIANTAJAN ESITTELY: IIIK INTO



Kuva 2.



Kuva 3.



Kuva 4.

Opinnäytetyöni toimeksiantajana toimii IIIK INTO Oy. Yrityksen on perustanut 2017 muotoilija Liina Blom, joka on toiminut tekstiilialalla yli 20 vuotta. Yritys on erikoistunut paloturvallisiin julkitilojen tekstiileihin tarjoten tekstiiliratkaisuja erilaisiin julkitilakohteisiin: hotelleihin, toimistoihin, hoitokoteihin, ravintoloihin sekä laivateollisuudelle. Yritys panostaa asiakaslähtöiseen yksilölliseen suunnitteluun ja tarjoaa myös erikoisempia kustomoituja tekstiiliratkaisuja tiloihin. Yritys tarjoaa julkitilatekstiilien lisäksi muita konsultointipalveluita. IIIK INTO toimii kotimaan markkinoiden lisäksi myös kansainvälisesti. Yritys osallistuu joka vuosi omalla osastolla mm.Heimtextil-messuille Saksassa.

Tuotevalikoima pitää sisällään paloturvallisia verho- ja verhoilukankaita, mattoja, tapetteja, tyynyjä, peitteitä, kolmiulotteisia erikoispintoja sekä kokeellisia mm. kosketukseen reagoivia tekstiilejä. Tekstiilien valmistus tapahtuu Euroopassa huolellisesti valikoiduissa tehtaissa.

Yrityksen uusin mallisto 'IIIK' leikkii materiaalien sekä tekniikoiden yhdistelmillä luoden uniikkia ja toimivaa estetiikkaa. Malliston kangas 'VAUHTI' palkittiin vuonna 2016 'Meet only original design' (moOD) Blue Drop-palkinnolla (Kuva 4). (Blom 2019; IIIK INTO Oy 2018.)

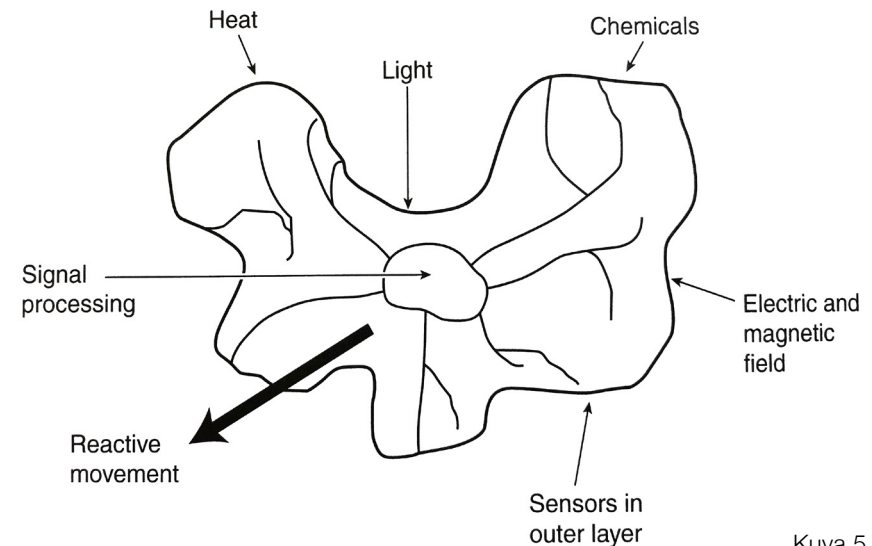


# 5. MITÄ ÄLYTEKSTIILIT OVAT?

Pohdittaessa mitä ovat älykkäät materiaalit ja tekstuurit, voimme aloittaa tarkastelun luonnosta, josta löytyy paljon esimerkkejä älykkäistä rakenteista. Kirjassa *Smart fibers, fabrics and clothing* esitellään esimerkkinä (Kuva 5) elävän solun toimintaa, ja sitä kuinka sen ulkoinen kuori reagoi ympäristön olosuhteisiin sekä ärsykkeisiin. (Tao 2001, 2-3.) Inspiraationa älytekstiilituotekehittelylle on toiminut myös lootuksen lehti ja sen puhdistusmekanismi; lehti pysyy puhtaan mutaisessakin vedessä ja sen pinnalle putoava vesi valuu pois vieden mukanaan lian, bakteerit sekä itiöt estäen näin orgaanisen saastumisen. (Mattila 2015, 368-369.)

Älytekstiilit voidaan määritellä tekstiilirakenteisiin ja kankaisiin, jotka poikkeavat perinteisistä tekstiileistä luontaisilla tai toiminnallisilla ominaisuuksilla. Ne pystyvät aistimaan, reagoimaan ympäristön muutoksiin tai ympäristöstä tuleviin ärsykkeisiin (Nissi-Rantakömi 2017).

Älytekstiilit edustavat kehittyneiden älymateriaalien, mikroelektroniikan, nanoteknologian, sensoreiden ja IT-tekniologioiden kokonaisuutta (Affatato & Carfagna 2013, 1). Niihin sisältyy tavallisiin tekstiileihin verrattuna enemmän mahdollisuuksia toimintojen integrointiin, jotka antavat laajemmat suunnittelumahdollisuudet ja tuovat etuja teollisuuteen, sairaanhoidolle sekä ympäristölle ja



Kuva 5.

parantavat ihmisten arkielämää (Kinnarps 2017). Älytekstiilit edustavat uutta markkinasegmenttiä tekstiilialalla ja ne ovatkin yksi voimakkaimmin ja nopeimmin kasvava sektori tarjoten valtavia mahdollisuuksia yrityksille (Affatato & Carfagna 2013, 6).

Puettavalla teknologialla 'wearable technology' tarkoitetaan tekstiilejä, jossa sähköiset tai mekaaniset komponentit ovat liitetty tekstiilien materiaaleihin. Itse tekstiilillä ei ole mitään älykkäitä ominaisuuksia. (Mattila 2015, 355.) Käsittelen materiaali-osuudessa sähköä johtavia tekstiilikuituja (conductive fibers) sekä materiaaleja, joita käytetään erityisesti puettavassa teknologiassa, kommunikointitekstiileissä sekä lämpötekstiileissä (Mattila 2015, 355).

## Älytekstiilien suurimmat käyttökohdealueet

- lääketiede ja sairaanhoitoala
- työvaatteet sekä suojavaatteet
- tekniset tekstiilit, fitness ja urheilu
- elektroniset tekstiilit ja turvallinen kommunikointi
- armeija ja avaruus
- viihde

(Koncar 2016, 1-8; Paret & Crego 2018, 25.)



Kuva 6. Robotic Spider-mekko by Anouk Wipprechtin & Intel Edison. 3D-tulostettu Robotic spider-mekko, joka reagoi sensoreiden avulla käyttäjän mielentilaan (UCL 2016).

Terveys ja hyvinvointi ovat suurimmat älytekstiilien käyttöalueet. Sensori ja tekstiilipohjaiset määritysjärjestelmät ovat hyviä välineitä seuraamaan potilaiden elintoimintoja, esimerkiksi verenpaine, liikkuvuus, kehon lämpötila. Älytekstiilisovellukset terveydenhoitoalalla voisivat myös mahdollistaa sen, että vanheneva sukupolvi pystyisi niiden avulla asumaan kotonaan pidempään. (Mattila 2015, 356-357.)

Urheilu ja fitness ovat älytekstiileistä alue, joka on erityisesti suunnattu kuluttajille. Urheilusuurituksen aikana älytekstiileillä voidaan seurata kehonelintoimintoja, esimerkiksi sydämen sykettä tai kehon lämpötilaa

Armeija ja työturvallisuus. Älytekstiilisovelluksia kehitetään erityisesti armeijan käyttöön, palomiehille, poliiseille sekä niille, jotka työskentelevät riskialttiilla sekä vaarallisilla alueilla. Tällä hetkellä esimerkiksi Yhdysvaltojen armeija kehittää Future force warrior-taistelupukua, joka sisältää mm. verkko- ja GPS-yhteydet sekä sensorit, jotka tarkkailevat kehon elintoimintoja. Asussa yhdistyvät myös nanoteknologia, vahvistettu tukiranka sekä älykäs neste-pohjainen-suojavaatetus. (Mattila 2015, 357.)

Viihdepuolella älytekstiilisovelluksia on käytetty paljon, sovelluksissa on yhdistelty ääntä sekä LED-valoja (Mattila 2015, 358).

## 6. ÄLYTEKSTIILIEN JAOTTELU

**Passiiviset älymateriaalit** tarkoittavat materiaaleja, jotka vain aistivat ympäristön olosuhteita tai ärsykejä toimien vain tunnistimena. Ne kertovat vain mitä niille on tapahtunut, esimerkiksi vaihtamalla väriä, muotoa tai lämpötilan ominaisvastusta. Nämä materiaalit ovat verrattavissa erikoisfunktionaalisiin tekstiileihin. (Affatato & Carfagna 2013, 2-3.)

**Toiminnalliset älymateriaalit** ovat materiaaleja tai järjestelmiä, jotka voivat sekä aistia että myös vastata ulkoisiin olosuhteisiin tai ärsykeisiin. Älymateriaalin tärkein toiminto on aistia sekä reagoida ja yleensä ne muodostuvatkin sensoreista ja säätimestä. (Affatato & Carfagna 2013, 2-3.)

**Erittäin älykkäät materiaalit** ovat materiaalien ja järjestelmien yhdistelmiä, jotka voivat toteuttaa samanaikaisesti kolmea eri toimintoa; ne ovat tunnistimia, jotka voivat vastaanottaa ympäristöstä ärsykejä. Ne pystyvät antamaan reaktion, joka perustuu ärsykkeeseen. Ne voivat omaksua tietoa ja uudelleen muotoilla itsensä sen mukaisesti ympäristöön. (Affatato & Carfagna 2013, 2-3.)

Älytekstiilit voidaan jakaa kolmeen eri ryhmään niiden toimintojen mukaan, jotka ovat passiiviset, toiminnalliset sekä erittäin älykkäät materiaalit (Affatato & Carfagna 2013, 2-3).

## KROMAATTISET MATERIAALIT

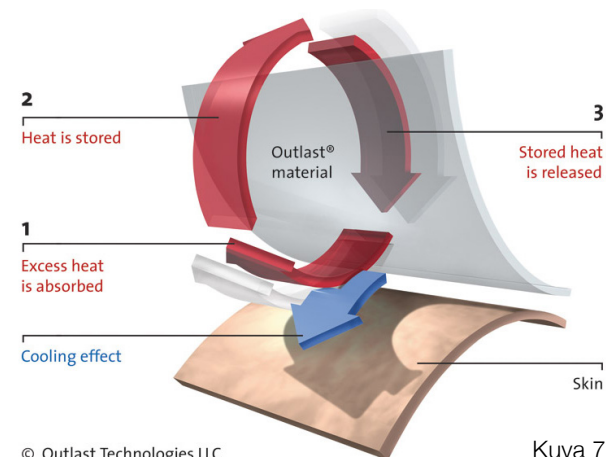
perustuvat värimolekyyleihin, jotka vaihtavat väriä ulkoisen ärsykkeen seurauksena. Ärsyke voi olla esimerkiksi UV-valo, lämpö, paine, kosteus tai entsyymit. Tekstiileihin saadaan lisättyä painamalla kromaattisia värejä, jotka ovat yleensä pigmenttejä tai disper-siovärejä. (Räisänen, Rissanen, Parviainen & Suonsilta 2017, 230-234.)

## FLUORESOIVAT, FOSFOROIVAT MATERIAALIT

reagoivat optisiin ärsykkeisiin imemällä itseensä säteilyä ja heijastamalla sen takaisin suuremmilla aallonpituuksilla. Fosforoivat materiaalit toimivat samalla tavalla, mutta vaikka ne eivät saisi valoärsykettä, ne näkyvät pidempään. (Räisänen ym. 2017, 230-234.)

## FAASIMUUTOS MATERIAALIT

reagoivat lämpötilaan, ja muuttavat olomuotoaan saadesaan ulkoisen ärsykkeen. Näitä materiaaleja käytetään esimerkiksi nukkumapeitoissa ja -tyynyissä. (Räisänen ym. 2017, 230-234.) Kuvassa 7 havainnollistetaan, kuinka Outlast-teknologia toimii. Outlast® kangas säätelee lämpötilojen vaihteluja, jolloin se voidaan luokitella faasimuutosmateriaaliksi.



Kuva 7.

## MUOTOMUISTI-MATERIAALIT

muuttavat muotoaan ulkoisesta ärsykkeestä, joka voi olla muutos UV-valossa, pH:ssa, lämpötilassa, kosteudessa, sähkössä, magneettikentässä. Materiaaleina toimivat joko metalliseokset, jotka ovat lankarakenteiden sisällä tai polymeeriset materiaalit esimerkiksi polyuretaani. (Räisänen ym. 2017, 230-234.) Kuvassa 8 on Tempur-tyyny, joka reagoi siihen kohdistuvaan paineeseen ja muuttaa sen seurauksena muotoaan (Tempur 2013).

## SUPER-ABSORBOIVAT

polymeerit sekä geelit voivat imeä omaan painonsa nähden huomattavia määriä nestettä, jonka seurauksena ne turpoavat. (Räisänen ym. 2017, 230-234).

## ELEKTRO-LUMINOIVAT

tekstiilimateriaalit säteilevät valoa, kun niihin kohdistuu voimakas sähkökenttä tai niiden läpi johdetaan sähkövirta. Ne toimivat pienellä virralla ja jännitteellä, mikä mahdollistaa valonäyttöjen luomisen tekstiileihin. (Suomen standardisoimisliitto SFS 2012.)

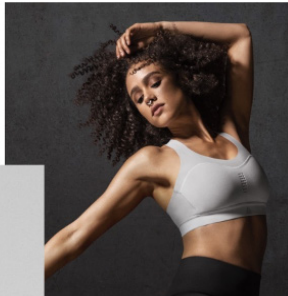


Kuva 8. Tempur-tyyny.

## KAPASITIIVISET

tekstiilimateriaalit pystyvät varastoimaan sähkövarauksia. Valmistustapana voi olla kudonta, kirjailu, painanta sähköä johtavalla värillä tai monikerrosrakenteiden laminointi. (Suomen standardisoimisliitto SFS 2012.)

**WTF  
IS  
STF?**



RESPONDS TO YOUR MOVEMENT /

## DILATANTTI

tekstiilimateriaali kovettuu, siihen kohdistuvasta iskun vaikutuksesta. Materiaalia käytetään erityisesti suojavaatteissa. (Räisänen ym. 2017, 230-234.) Kuvassa 9 Puman PUREMOVE-urheiluliivit. Liikkeen reagoiva teknologia on saatu aikaiseksi lisäämällä kankaaseen STF-materiaalia (self-thickening-fluid). Urheiluliivit reagoivat kehonliikkeeseen kovettumalla ja antaen näin parhaimman mahdollisen tuen käyttäjälleen. (Puma 2019.)

## AUKSEETTISET

tekstiilimateriaalit paksunevat sekä kovettuvat mekaanisen liikkeen seurauksena (Räisänen ym. 2017, 230-234).

## TIKSO- TROOPPISET

materiaalit taas pehmenevät liikkeen seurauksena (Räisänen ym. 2017, 230-234).

Kuva 9. PUREMOVE-urheiluliivit.

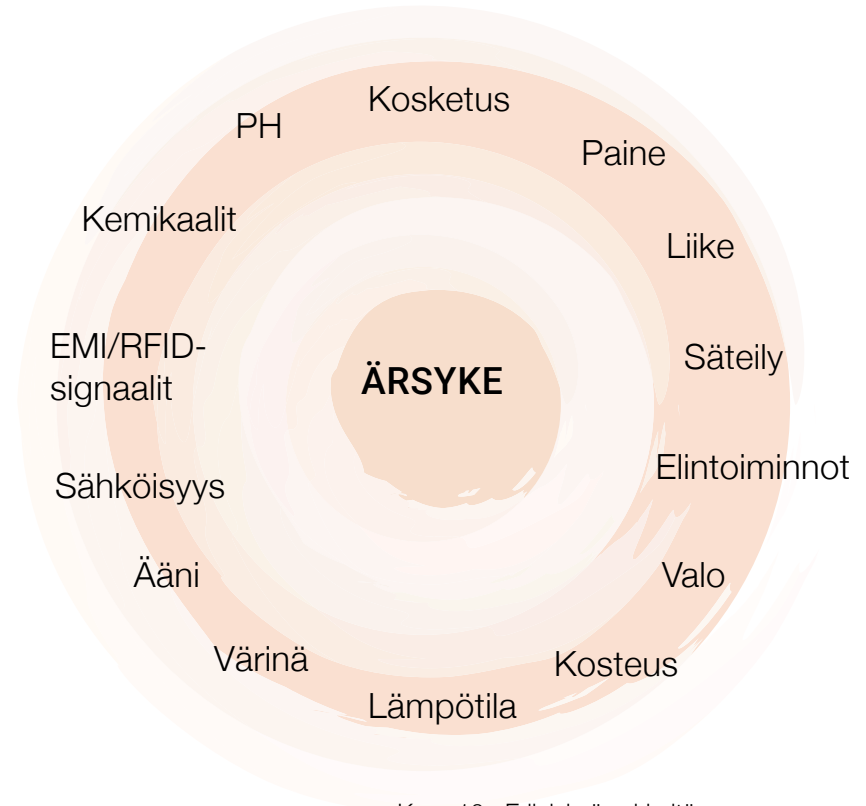
# 8. REAGOINTI

Tässä opinnäytetyön osuudessa syvennyn, minkälaisiin ärsykkeisiin älytekstiilit voivat reagoida ja miten tekstiilistä saa reagoivan älytekstiilin.

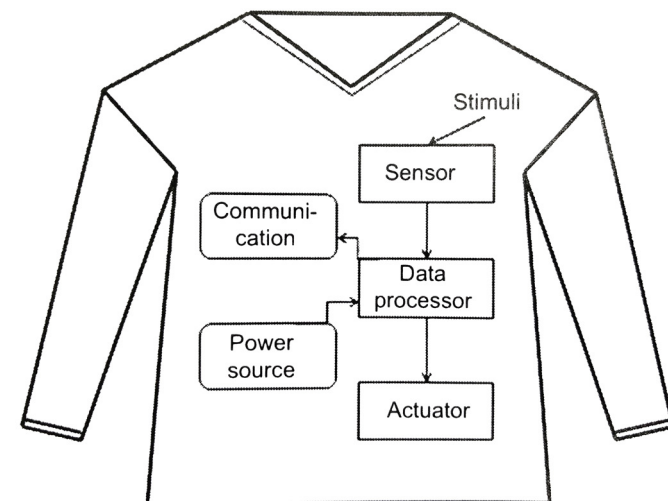
'A roadmap on Smart Textiles' kirjassa on havainnollistettu mitä ärsykkeet voivat olla, kun puhutaan älytekstiilien reagoinnista (Kuva 10).

Kuvassa 11 on esitelty, miten käytännössä puettava älytekstiili toimii. Kankaaseen on kudottu tai neulottu sähköä johtavia lankoja, jotka kuljettavat signaaleja sensorista aktuaattoriin, joka reagoi signaaleihin ennalta määritetyllä tavalla esimerkiksi liikkeellä, äänellä tai vapauttamalla ainetta. Aktuaattoreita on olemassa erilaisia ja ne reagoivat erilaisiin ärsykkeisiin. Edellä mainittujen osien lisäksi tarvitaan myös virtalähde, joka voi toimia täysin itsenäisesti tai se on integroitu suoraan tekstiilirakenteisiin. Itse kommunikointi käyttäjän ja älytekstiilin välillä toimii yleensä langattomasti wi-fin tai bluetoothin avulla. (Mattila 2015, 359.)

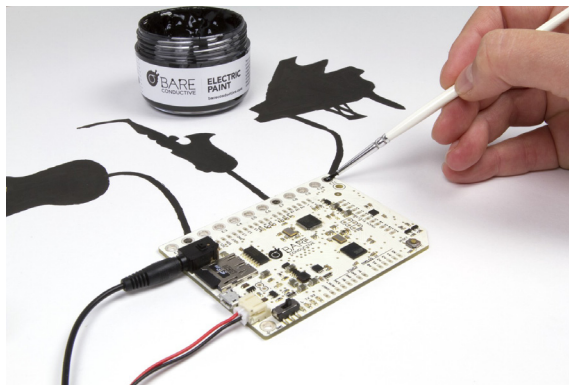
*"reagoida= vastata ärsykkeeseen, toimia jonkin syyn seurauksena"*  
 ..... (Suomisanakirja 2019).



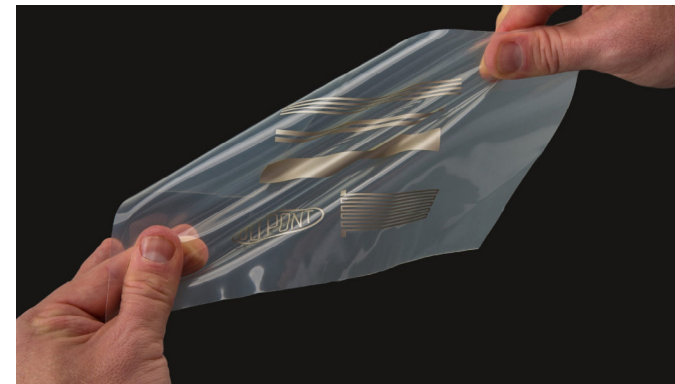
Kuva 10. Erilaisia ärsykejä



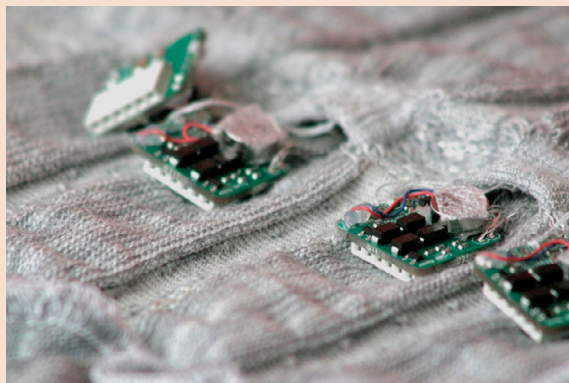
Kuva 11. Älytekstiilin teknologiaa.



Kuva 12. Bare Conductiven sähköä johtava muste.



Kuva 13. Du Pontin sähköä johtava muste.



Kuva 14. Vibe-ing by Kirsti Kuusk. Neuleen taskuihin on asennettu pieniä piirilevyjä.



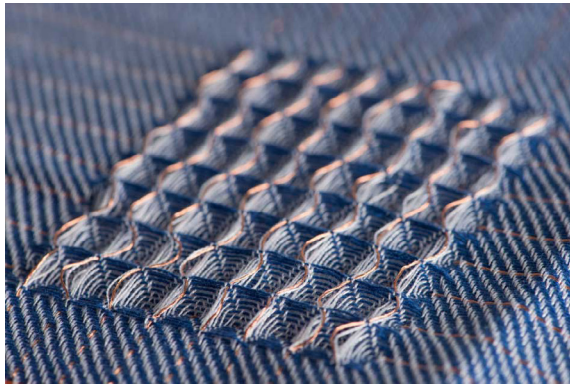
Kuva 15. Jacquard by Google. Takissa on irroitettava sekä ladattava sensori.



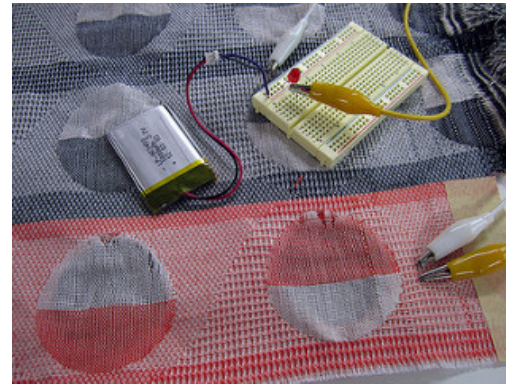
Kuva 16. Owlet smart sock. Sukassa on ladattava ja irroitettava sensori.



”Kosketuksen tunnistus perustuu anturikankaissa kapasitiiviseen tunnistamiseen. Kangasta koskettaessa anturin sähkökenttään aiheutuu muutos, koska ihminen johtaa sähköä ja laukaisee näin reaktion sähkökentässä.” (Pouta 2016.)



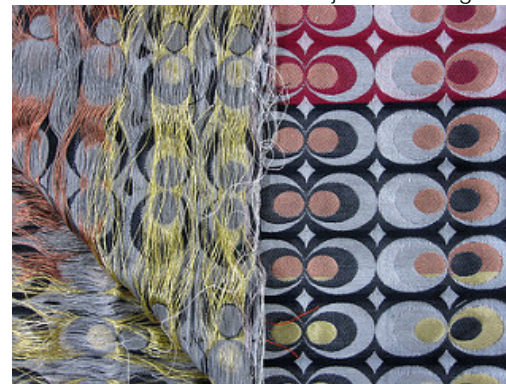
Kuva 17. Kudottu anturirakenne. Sähköä johtavilla langoilla kudottu vohvelisidos.



Kuva 18. Kudottu anturirakenne. Pyöreä alue kankaassa on kudottu kaksinkertaisena kankaana sähköä johtavilla langoilla.



Kuva 19. Neulekangas, johon on neulottu kuvioita sähköä johtavilla langoilla.



Kuva 20. Jacquard-kudottu kangas, sähköä johtavat sekä eristävät langat näkyvät kankaan nurjalla puolella lankajuoksuina.

# 9. SÄHKÖÄ JOHTAVAT MATERIAALIT

## - conductive fibers

Johtavien tekstiilikuitujen sekä lankojen käyttö on yleistynyt nopeasti 2000-luvulla, jonka seurauksena myös niiden valikoima on laajentunut merkittävästi (Schwarz & Van Langenhove 2013, 36-37).

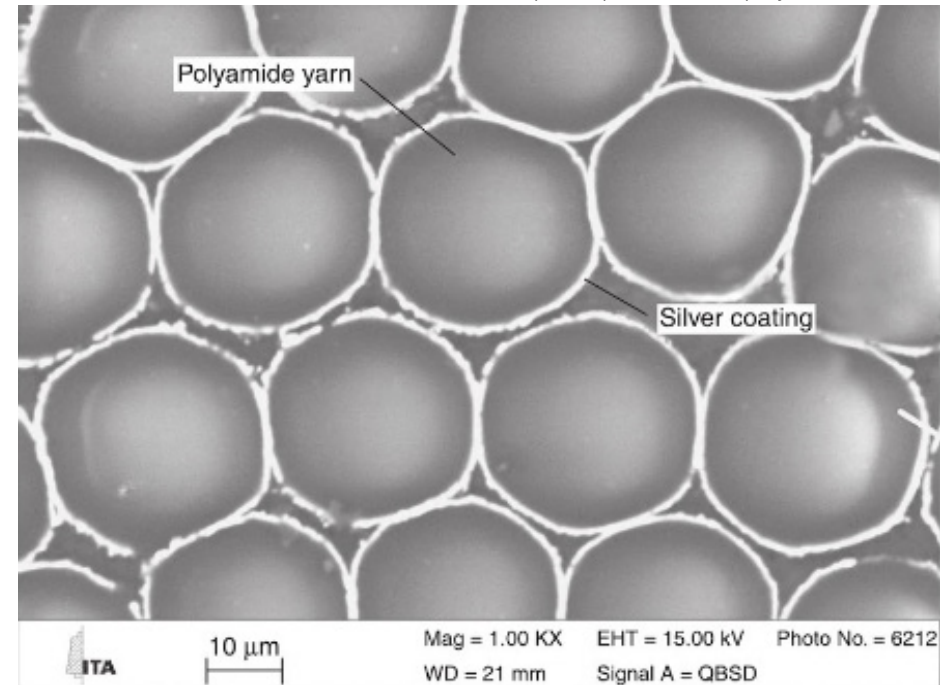
Johtavat tekstiilimateriaalit eivät ole älykkäitä eivätkä ne reagoi ympäristöönsä, mutta ne mahdollistavat monet älytekstiilisovellukset (Mattila 2015, 366). Johtavien tekstiilien valmistuksessa on käytetty sähköä johtavia polymeereja, sähköä johtavia pinnoitettuja kuituja tai metallikuituja- ja johtoja. Sähköä johtava ominaisuus saadaan tekstiiliin myös painamalla. (Kadoglu n.d.)

Parhaimpia sähköä johtavia materiaaleja ovat metallit kuten kupari ja hopea. Kupari ja hopea-langoista pystytään tekemään joustavia, pehmeitä sekä riittävästi kestäviä, jotta niillä voidaan neuloa tai kutoa kangasta. (Mattila 2015, 366.)

Johtavat tekstiilimateriaalit voidaan luokitella kahteen kategoriaan:

- luontaisesti sähköä johtavat tekstiilirakenteet
- tekstiilirakenteet, joista on saatu johtavia erikoiskäsittelyillä (Schwarz & Van Langenhove 2013.)

Kuva 21. Poikkileikkauskuvaa hopealla pinnoitetusta polyamidikuidusta.



## METALLIPINNOITETUT KUIDUT

Metallipinnoitetuilla langoilta tarkoitetaan yleensä polyamidista tai polyesterista valmistettuja lankoja, joihin saadaan sähköä johtava ominaisuus pinnoittamalla ne metallilla. (Kadoglu, n.d.) Kuvassa 21 näkyy hopealla pinnoitetun polyamidikuidun poikkileikkauskuva. Esittelen metallipinnoitetuista kuiduista muutaman esimerkin kahdelta eri yritykseltä, jotka valikoin sattunnaisesti lähteiden pohjalta esittelyyn.

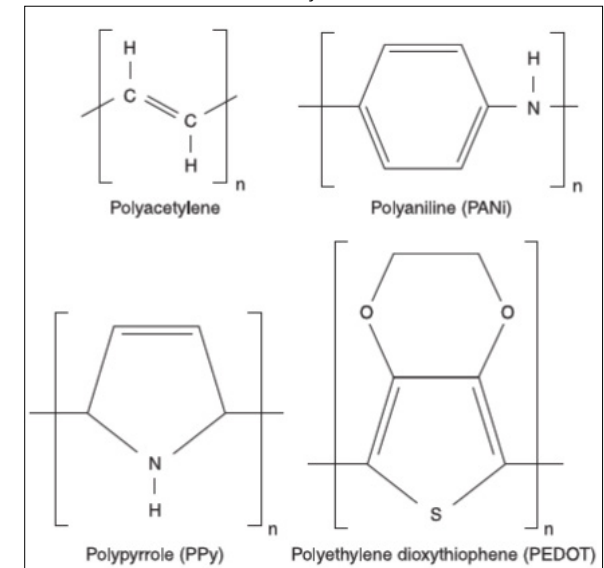
## SÄHKÖÄ JOHTAVAT POLYMEERIT

Luontaisesti johtavilla polymeereillä tarkoitetaan orgaanisia polymeereja, jotka pystyvät johtamaan sähköä. Johtavista polymeereista saadaan valmistettua joustavia sekä kevyitä materiaaleja (Kadoglu, n.d.).

Monet polymeerit ovat eristäviä, eikä niitä siksi ole käytetty sähköisissä, antistaattisissa tai sähkömagneettisissa suojaussovelluksissa. Viime aikoina on kuitenkin löytynyt uusia polymeeriryhmiä, kuten johtavat polymeerit (ICP) ja sähköaktiiviset polymeerit (EAP), joilla on luontainen kyky johtaa sähköä. (Schwarz & Van Langenhove 2013, 45.)

## METALLIKUIDUT & -JOHDOT

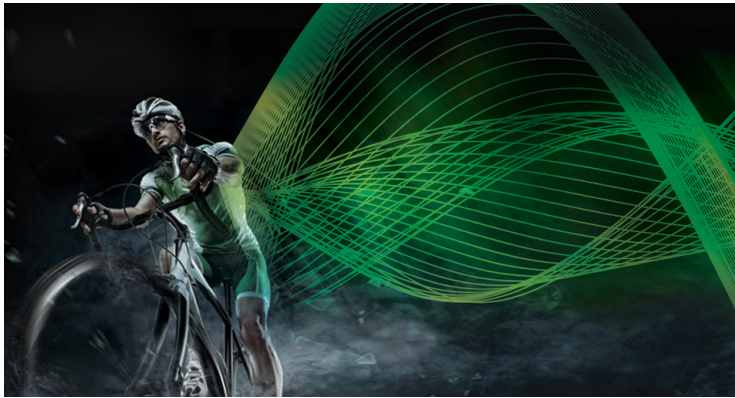
Kuva 22. Polymeerien kemiallinen kaavio



Material	Companies Wires/filaments	Companies Yarns
Copper	Elektrisola Feindraht Drahtwerk Waidhaus	Syscom Advanced Materials R.Stat
Silver	Elektrisola Feindraht	Statex Sauquoit Industries TITV Greiz (Elitex) Syscom Advanced Materials Textronics Swiss Shield
Gold		Microcroax Syscom Advanced Materials
Aluminium	Imattec Gutmann	
Nickel	Western Metal Materials	Electro Fiber Technologies Syscom Advanced Materials
Stainless steel	Leoni Nippon Seisen	Bekaert Textiles Schoeller Epitropic Fibres R.Stat Créafibers IMATTEC International TibTech Innovation
Carbon black	SmartFiber	Kuraray Teijin Monofilament Ascend Performance Materials Shakespeare Conductive Fibers Unitika Fibers Barnet
Carbon nanotubes		Kuraray and Mitsui
Polypyrrole		Sterling Fibers Eeonyx Corporation

Kuva 23. Taulukko sähköä johtavien kuitujen sekä tekstiilien valmistajista vuodelta 2013.

## ARACON®



Kuva 24. Kuvituskuva.

Aracon-kuitu on Micro-Coax yrityksen kehittämä nikkeli- tai hopeaverhoiltu Kevlar® kuitu. Kuituna Aracon-kuitu on vahva, sähköä johtava, joustava sekä erittäin kevyt.

Aracon-kuitu on alunperin kehitetty avaruusaluksen käyttöön, mutta sen käyttö on yleistynyt esimerkiksi puettavissa älytekstiileissä sekä EMI ja RF-suojaustuotteissa. (Micro-Coax 2019.)

Kevlar

- polyamidista kehitelty para-aramidi (p-AR)
- DuPontin kehittänyt erikoiskuitu
- hyvä kulutuksenkesto sekä vetolujuus
- säilyttää mittansa myös kuumissa lämpötiloissa (Boncamber 2011, 297-300.)

Aracon hopeaverhoilulla

- maksimaalinen sähkönjohtavuus
- paino on 60% kevyempi verrattuna kuparijohtoihin (Micro-Coax 2019.)

## SWICOSILVER



Kuva 25. Swicosilver-langan logo.

SwicoSilver on Sveitsiläisen Swicofil-yrityksen kehittämä hopealla pinnoitettu sähköä johtava lanka.

- filamenttilanka
- polyesterilanka hopeapinnoituksella
- plasma metal coating- pinnoitusmenetelmä
- korkea sähkön johtavuus (1 ohm/cm)
- monikäyttöinen ja joustava tavallisen tekstiililangan tuntuinen
- antimikrobinen
- suojaa säteilyltä sekä sähkömagneettiselta vuorovaikutukselta

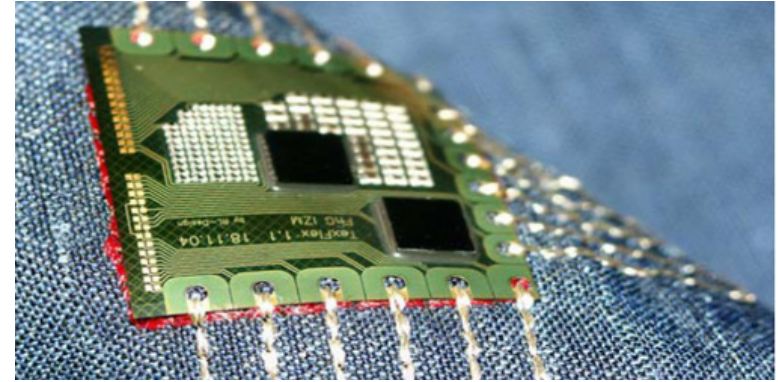
Käyttöesimerkkejä: matot, lääketiede, sensorijärjestelmät. (Swicofil 2019.)

# 10. EKOLOGISUUS JA KIERRÄTYS

On hyvä käsitellä myös kestäväää kehitystä sekä ekologisuutta, kun puhutaan älytekstiileistä ja tekstiili-alasta. Älytekstiilien sisältäessä erilaisia materiaaleja sekä erilaisia sähköisiä komponentteja, niiden kierrätys ei onnistu samalla tavalla kuin perinteisissä tekstiileissä. Myös puhdistus- ja pesuvaiheessa pitää huomioida sähköiset komponentit. (Mattila 2015, 372-373.) Tutkittuani kuluttajille suunnattuja teknisiä tekstiilejä, niiden sisältämät sensorit olivat irrotettavia, jolloin tuote on pestävissä. Esimerkiksi Nadi X-joogahousut, joissa on irrotettava sensori, pesuohjeistuksena on hellävarainen pesu sekä myös rumpukuivaus sallittu.

Vaikka älytekstiilit sisältävät erilaisia sähköisiä komponentteja, metallilankoja ja uusia materiaaleja, se ei tarkoita automaattisesti, että ne olisivat ekologisesti huonompi vaihtoehto kuin perinteiset tekstiilit. Tuotteen ekologisuus voi parantua myös sen tarjotessa parempaa käyttöarvoa, käyttäjäsuhdetta sekä pitkäikäisyyttä. (Ossevoort 2013, 399.)

Puhuttaessa kuluttajille suunnatuista älytekstiileistä, tuotetta suunnitellessa suunnittelijan sekä teknologian kehittäjän pitäisi jo alkuvaiheessa pohtia



Kuva 26. Piirilevy tekstiilissä.

miten tuotteen kierrätys tulee tapahtumaan (Köhler, Hilty, Bakker 2011, 496). Älytekstiilit, jotka eivät ole suunnattu kuluttajille toimivat niche-markkinoilla, joten luultavimmin ne palautuvat takaisin valmistajilleen, jotka huolehtivat tuotteen kierrätyksestä (Ossevoort 2013, 402). Vaatimukset ekologisuudesta sekä yrityksen yhteiskuntavastuusta (CSR) nousevat uudelle tasolle, jos ja kun älytekstiilit saavuttavat massamarkkinat (Mattila 2015, 372-373).

Johtavien materiaalien kehitys on muuttanut älytekstiileissä olevia sähköisiä komponentteja sekä myös niiden kierrätystä. Vaikka sensori ja muu sähkölaitteisto olisi tekstiilistä poistettavissa, voi tekstiiliin jäädä jäljelle sähköä johtavia materiaaleja. Ne ovat yleensä eri metalleilla pinnoitettuja kuituja, joita on mekaanisesti vaikea kierrättää koska niiden metallipinnoite on yleensä liian ohutta. Uusia älykkäitä materiaaleja kehitellessä pitäisi huomioida niiden tarjoamien etujen lisäksi mitä tapahtuu, kun ne päätyvät ympäristöömme ja jätehuoltoon. (Ossevoort 2013, 405-407.)

# 11. KARTOITUS: ÄLYTEKSTIILEJÄ KANSAINVÄLISILLÄ MARKKINOILLA

Kartoitusta varten tutkin ja etsin älytekstiilejä laajasti eri osa-alueilta niin sisustus- kuin vaatetuspuolelta. Tutkin yritysten kehittämiä älytekstiilejä, mitä on jo markkinoilla sekä luin artikkeleja yritysten markkinoille tulevista älytekstiileistä. Tutustuin myös yliopistojen tutkimuksiin sekä projekteihin. Kerron tarkemmin havainnoistani sekä ajatuksistani kartoitusvaiheesta myöhemmin tulossa olevassa yhteenveto-kappaleessa.

Valitessani kartoituksen pohjalta laajasta älytekstiilien valikoimasta tarkempaan tutkintaan opinäytetyöhöni, valintaani vaikuttivat useammat eri tekijät. Pohdin toimeksiantajani toiminta-alueetta, opinäytetyön rajausta, onko älytekstiilistä sekä siinä käytettävistä materiaaleista tarpeeksi tietoa saatavilla sekä mitä toteutuksia on jo mahdollisesti esitelty muissa opinäytetöissä. Esittelyyn valikoitui älytekstiilejä julkatilapuolelta, kuluttajapuolelta, vaatetus- ja sisustuspuolelta, markkinoilla olevia tuotteita sekä projekteja, missä älytekstiili on vasta kehityksessä.

Reagoinnin ollessa yksi iso osa opinäytetyötäni, kiinnitin huomiota myös mitä teknologiaa älytekstiilissä on käytetty, jonka pohjalta valitsin hieman erilaisia ratkaisuja esittelyyn.

Jokaisesta älytekstiilistä olen tutkinut niissä käytettävät tekstiilimateriaalit, mihin ärsyккеeseen tekstiili reagoi, miksi se on kehitetty, mihin se on kehitetty sekä minkälaista teknologiaa niissä on käytetty, jotta tekstiilistä on saatu reagoiva.

Kartoitukseen valitsemillani älytekstiileillä olen pyrinnyt vastamaan tutkimuskysymyksiin käytännön esimerkkien avulla.



*"The combination of textiles and technology opens up opportunities for societal sustainability and wellbeing. Those go beyond the product-oriented sustainability aspects for textile items and are moving towards service-oriented thinking"*  
(Kuusk 2016).

## 11.1. LAYER X AIRBUS

Benjamin Hubertin Layer-suunnittelutoimisto on kehittänyt älytekstiili-istuinkonsepti Moven yhteistyössä Airbusin kanssa. Layerin ja Airbusin yhteistyönä syntyivät Economy-luokan istuimet, joiden tarkoituksena on parantaa lentokokemusta niin lyhyillä kuin pitkilläkin lentomatkoilla. Konseptin taustalla on idea terveellisemmästä lentämisestä, samalla parantaen matkustajan mukavuutta sekä turvallisuutta. Matkustaja pystyy ohjaamaan useita eri toimintoja, kuten istuimen pingotusta, liikettä, painetta sekä lämpötilaa.

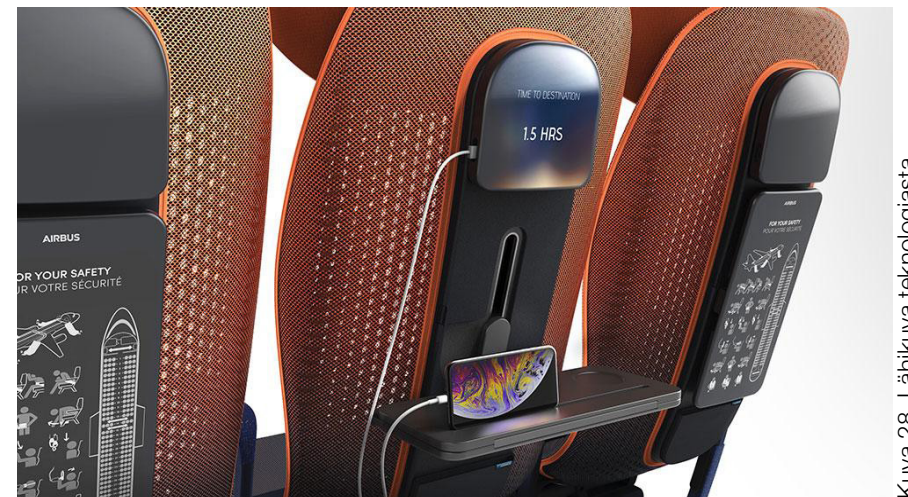
Älykäs tuolinpäällinen on yksiosainen neulekangas, johon on neulottu eri tiheyksillä alueita, jotka tukevat vartaloa. Lennon aikana istuin säättää itsensä automaattisesti matkustajalle sopivaksi matkustajan painon, pituuden sekä liikkeen mukaan. Tuolissa olevat eri tiheysalueet muuttuvat johtavien lankojen avulla. Painetta aistivien lankojen johdosta istuin pystyy myös havaitsemaan, jos matkustajalta unohtuu lennon päättyessä laite tai esine tuoliin.

Päällinen on polyesterin ja villan sekoitetta, johon on integroitu johtavia lankoja. Päällinen on yhdistetty sensoreihin, jotka havaitsevat matkustajan kehon sekä tuolin olosuhteet. Matkustaja pääsee tarkastelemaan tuolin toimintoja puhelimestaan The move-appista, joka kerää sensoreiden avulla dataa sekä lähettää kohdennettuja viestejä matkustajalle kertoen kuinka he voivat parantaa mukavuutta. Toiminnot ohjeistavat matkustajaa mm. liikumaan, juomaan tai venyttelemään. (Hitti 2019.)



Kuva 27. Airbusin istuimet.

- materiaalit:** villa, polyesteri, sähköä johtava lanka
- tekniikka:** sensorit, app
- käyttö:** julkitilat, lentokoneet
- reagointi:** paine, lämpötila, liike, paino
- miksi?** lentokokemuksen parantaminen



Kuva 28. Lähikuva teknologiasta.



## 11.2. PROJECT JACQUARD by ATAP GOOGLE

Google ja Levi Strauss kehittivät yhteistyönä kosketukseen reagoivan takin, joka on suunniteltu käytettäväksi työmatkoilla, erityisesti pyöräillessä. Jacquard-teknologia on kudottu takin hihaan, joka yhdistyy hihassa olevaan 'jacquard snap tag'-kalvosimeen, joka taas on yhteydessä bluetoothin avulla mobiililaitteeseen ja siinä olevaan appiin. Hihaa koskettamalla kangas reagoi kosketukseen ja toimii langattomasti sen mukaan.

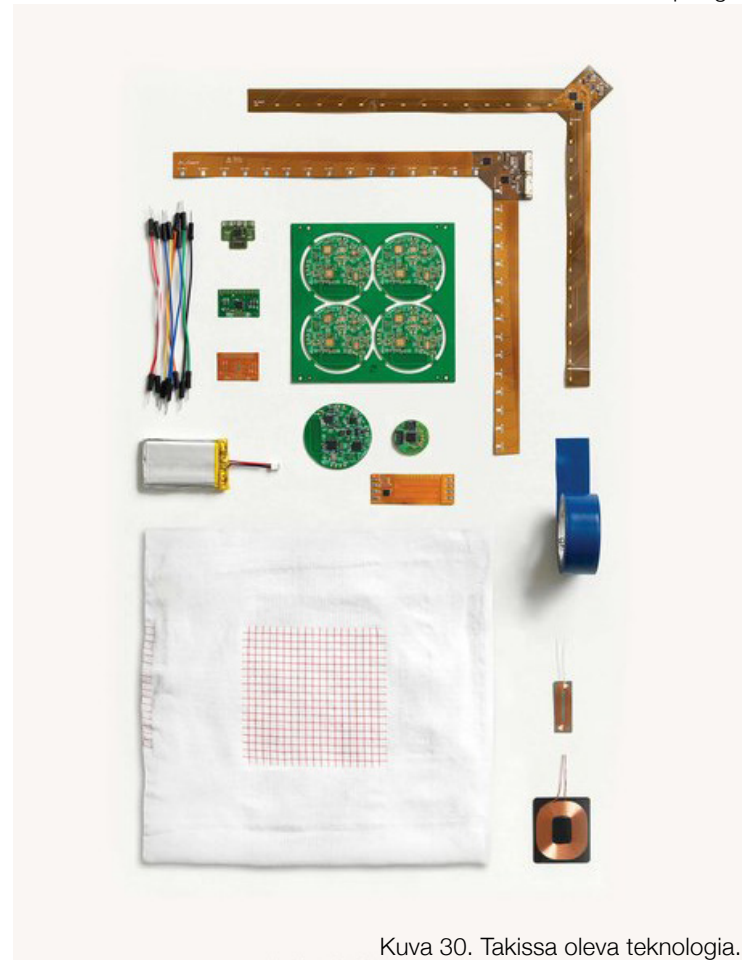
Tuotekehittely alkoi 2015 Japanissa erilaisten kankaiden, raakamateriaalien sekä kudontatekniikoiden parissa. Tuotekehittelyssä syntyi uusi sähköä johtava lanka, jota voidaan kutoa tai neuloa pestäviin tekstiileihin. Langassa on johtava ydin, joka pitää sisällään 8-12 kupari- sekä hopea filamenttilankaa. Langan päällimmäinen kerros on sekoitus puuvilla- sekä elastaanilankoja.

Itse takki 'The Levi's®Commuter™ Trucker jacket with Jacquard by Google' tuli myyntiin markkinoille vuonna 2017. (Google 2017.)

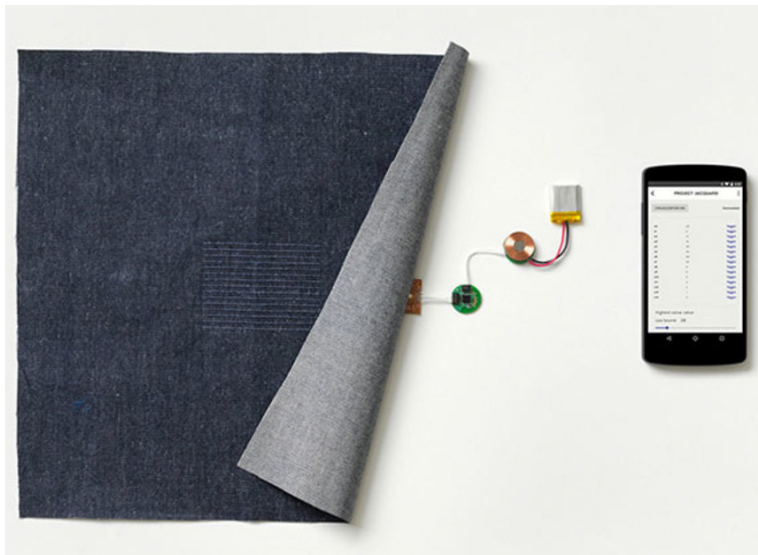
*"Project Jacquard esitteli teolliseen kudontaprosessiin soveltuvan, kosketusta aistivan kudotun anturirakenteen, sekä anturin kutomiseen soveltuvia sähköä johtavia lankoja. Projektissa kehitettiin myös moduulikomponentteja, joiden avulla anturirakenteet liitetään virtapiiriin."* (Pouta 2016, 83.)



Kuva 29. Hihassa oleva 'snap tag'.

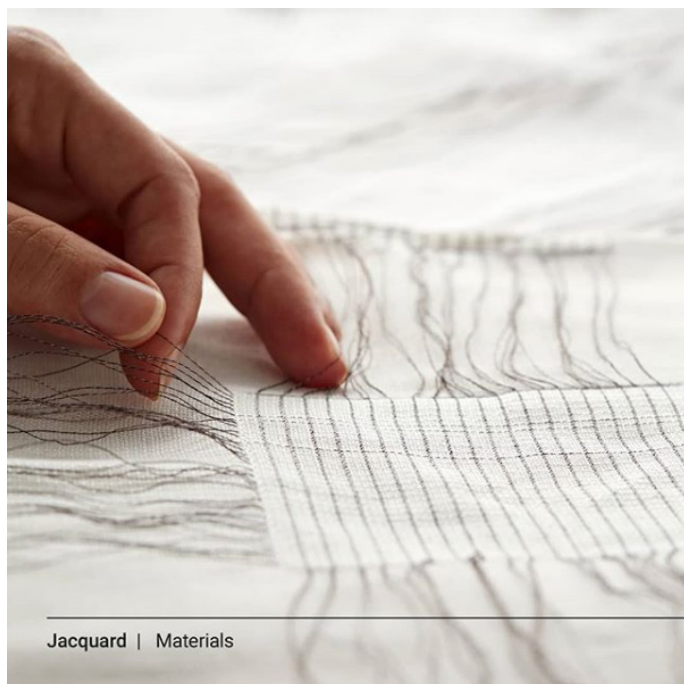


Kuva 30. Takissa oleva teknologia.



Kuva 31. Takissa olevaa teknologiaa.

Kuva 32. Tuotekehittäjiä, protoja.



Kuva 33. Kudottu anturirakenne.

**materiaalit:** jacquard-lanka, puuvilla, elastaani  
**tekniikka:** kudottu anturirakenne, sensori, app  
**käyttö:** vaatetus  
**mihin reagoi?** kosketus  
**miksi?** helpottamaan käyttäjän arkielämää



Kuva 34. Kudottu anturirakenne.

## 11.3. GUNRID by IKEA

IKEAn uusin kehitystyön tulos on huoneilmaa puhdistavat Gunrid-verhot. Ajatus tuotteen takana on tarjota ratkaisua koteihin ilmansaastumisen ongelmia vastaan.

Verhossa oleva teknologia on saanut inspiraation luonnosta, ja sieltä löydettävistä fotosynteesistä, toimien vastaavalla tavalla. Verho ei vaadi toimiakseen sähköä eikä filttäreitä, vaan kankaassa on mineraalipohjainen fotokatalyyttipinnoite, joka aktivoituu oltuaan kosketuksissa valon kanssa, tuhoten sisäilmassa olevia yleisimpiä saasteita kuten tuoksuja ja formaldehydeja\*.

Verhon teknologia reagoi UV-valon lisäksi myös sisätilasta tulevaan valoon, mikä erottaa sen muista valoon reagoivista fotokatalyyteistä. Tarkempia tietoja tuotteen materiaaleista sekä pinnoitteesta ei ole saatavilla, tuotekehittelyn ollessa vielä kesken. Gunrid-verho on tulossa suunnitelmien mukaan markkinoille vuonna 2020. (IKEA 2019.)

*\*formaldehydi on reaktiivinen yhdiste, jota käytetään mm. tekstiilien, muovi- ja kumituotteiden sekä mineraalituotteiden valmistukseen. Teollisessa käytössä formaldehydiä esiintyy myös mm. liimoissa ja lakoissa, tekstiilien ja nahkan käsittelytuotteissa ja väreissä, pinnoitetuotteissa, sekä polymeereissä. (Työterveyslaitos 2016.)*



Kuva 35. Gunrid-verhon proto.

**materiaalit:** luonnonmateriaali/tekokuidut  
**tekniikka:** pinnoite  
**käyttö:** kuluttajat  
**mihin reagoi?** valoon  
**miksi?** ilmansaasteita vastaan



Kuva 36. Gunrid-verhon tuotantoa.

## 11.4. AIR & BIOAKTIV by DRAPILUX

Saksalainen Drapilux-yritys on kehittänyt julkiti-  
lapuolelle paloturvallisen ja huoneilmaapuhdistava-  
van kankaan nimeltä 'AIR'. Kudottuun polyesteri  
FR-kankaaseen on integroitu metallisuoloja, jotka  
hajottavat ilmassa olevia tuoksumolekyylejä ja  
muuttavat ne hiilidioksidiksi ja vedeksi. Näin hu-  
oneilmassa olevat ei-toivotut hajut katoavat pysy-  
västi. Kankaaseen integroitu toiminto kestää tiheät  
pesukerrat.

Paloturvallinen ja bakteerivapaa Bioaktiv-kangas  
on kehitetty tuhoamaan bakteereita sekä mikro-  
beja. Kankaan pinnalla oleva pinnoite hyökkää  
bakteereja sekä mikrobeja vastaan tuhoten ne.  
Yrityksen sivuilla on mainittu, että tuotteen teho on  
tieteellisesti testattu toimivaksi. Bioaktiv-kangas on  
ideaali ratkaisu käytettäväksi terveydenhoitoalal-  
la tukemaan vanhempien ihmisten heikontunutta  
immunitettijärjestelmää kuin myös työntekijöitä,  
jotka työskentelevät terveydenhoitoalalla.  
(Drapilux 2019.)



Kuva 37. Lähikuva kankaasta.

**materiaalit:** polyesteri FR 240g/m2  
**tekniikka:** integroidut metallisuolat  
**käyttö:** julkitilat  
**mihin reagoi?** tuoksumolekyylit  
**miksi?** epämiellyttävien hajujen poisto



Kuva 38. Kankaiden värivalikoima.

## 11.5. LUMINOUS TEXTILE BY PHILIPS & KVADRAT

Philipsin ja Kvadratin yhteistyönä on kehitetty vuorovaikutteiset valaisevat akustiset tekstiilipaneelit, jotka yhdistävät äänen vaimennuksen sekä valaisun. Philipsin suunnittelutiimi suunnitteli teknologian, joka luo vuorovaikuttaisen ja reagoivan ratkaisun valaiseviin tekstiileihin. Idea vuorovaikuttaisen konseptin takana on yhdistää valo sen ympäristöön sekä ihmisilmaisun ja valon vuorovaikutus. Konsepti antaa loputtomat mahdollisuudet leikkiä väreillä, liikkeellä, valolla sekä tekstuureilla ja näin ollen luoda tilat eläviksi.

Paneelit luovat tilan joka muuntautuu jatkuvasti ja on vuorovaikutuksessa sitä käyttävien henkilöiden kanssa. Seinäpaneelin ohikulkeva henkilö vaikuttaa reaaliajassa valoihin luoden vuorovaikutuksen ilmaisun ja valojen välille. Haluttaessa installaation toiminta on ihmisen vuorovaikutuksesta riippumaton. (Philips n.d.)

Kvadratin Soft Cell- tekstiilipaneelien etummaisesta tekstiilikerroksen taakse on yhdistetty LED-valoja, Philipsin patentoimalla teknologialla. Tekstiilipaneelit vaativat toimiakseen vain virta- sekä Ethernet-kaapelit. (Kvadrat n.d.)



Kuva 39. Tekstiilipaneelit.

**materiaalit:** 90% villa/ 10% nylon, alumiini, LED-valot  
**tekniikka:** LED-teknologia, sovellus  
**käyttö:** julkitilat  
**reagointi:** liike, ääni  
**miksi?** akustiikka, viihtyvyys, visuaalisuus, kokemus



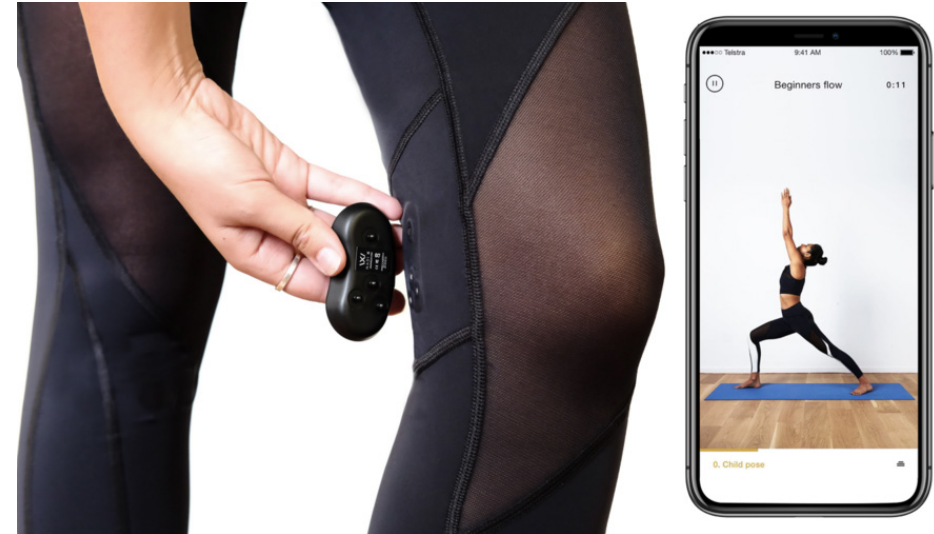
Kuva 40. Tekstiilipaneelit.

## 11.6. NADI X by WEARABLE X

Wearable X yritys kuvailee itseään, että he ovat tulevaisuuden hyvinvointia, joka yhdistää suunnittelun ja teknologian, luoden näin kokemuksen ja muodin kautta parempaa elämänlaatua.

Yritys kehitti vuonna 2017 joogaajaa ohjaavat Nadi X-joogahousut, joiden valmistuksessa on käytetty yrityksen patentoimaa tekniikka. Housuihin on integroitu antureita sekä liikesensoreita lantiolle, polvien sekä nilkkojen kohdille. Sensorit jäljittävät käyttäjän liikettä ja lähettävät haptista palautetta (värinää) käyttäjälleen. Palautteen perusteella käyttäjä osaa korjata asentoaan oikeaksi sekä seurata kehitystään appin kautta.

Housuihin kiinnitetään ladattava the Pulse-sensori, joka yhdistyy bluetoothin avulla puhelimeen. Housut ovat pestävissä, koska the Pulse on irrotettavissa oleva sensori. (Wearable X 2019.)



Kuva 41. Kiinnitettävä sensori.

**materiaalit:** joustava neulos, tekokuidut?

**tekniikka:** liikesensorit, the Pulse, app

**käyttö:** vaatetus

**reagointi:** värinä

**mihin reagoi?** liike, asento

**miksi?** ohjaamaan käyttäjää



Kuva 42. Integroidut anturit.

## 11.7. GRADIENT WEAVE BY UNIVERSITY OF BORÅS

Muuttuva *Gradient weave*-verho on osa Smart Textilesin ja AB Svenskt Konstliken yhteistyö tutkimusprojektia, jossa tutkitaan muuttuvaa muotoilua sekä materiaaleja. Tarkoituksena on tutkia ilmaisun laajuutta, joka voidaan saavuttaa yhdistelemällä eri tekstiilitekniikoita materiaalien kanssa, joihin valo vaikuttaa ja näin ollen valo toimii muotoilun elementtinä. Tutkimuksen ensimmäinen vaihe tutkii, kuinka valo vaikuttaa älytekstiilien suunnitteluun.

Verhon materiaaleina ovat kupari, teräs sekä paperilanka. Ajan kuluessa verhon materiaalit muuttavat väriään, esimerkiksi kupari muuttuu vihreäksi hapettumisen seurauksena.

Verhon pinta vangitsee valoa ja muuttuu päivän aikana. Verhon geometrinen rakenne luo erilaisia kuvioita, riippuen mistä suunnasta valo siihen osuu. Verhossa korostuu materiaalien kyky muuttua, sen sijaan että se pysyisi koko ajan samana. (Eriksson 2018.)



Kuva 43. Kuvituskuva artikkelista.

**materiaalit:** kupari, teräs, paperilanka  
**tekniikka:** kudonta  
**käyttö:** julkitila  
**mihin reagoi?** valo  
**miksi?** valon vaikutus suunnitteluun

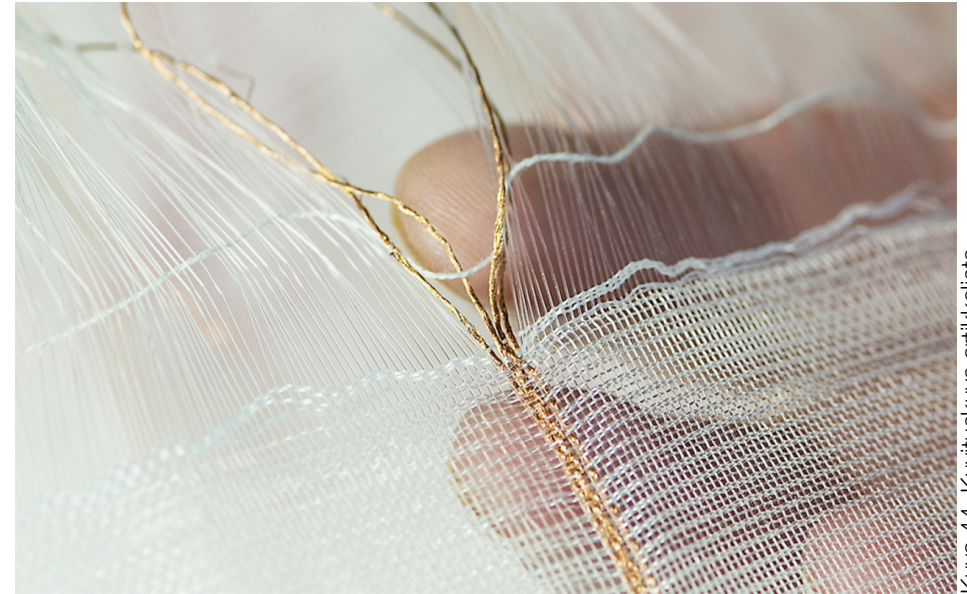
## 11.8. SUITCEYES BY UNIVERSITY OF BORÅS

SUITCEYES on EU:n rahoittama tutkimus- ja innovaatioprojekti, jossa tuotetaan älytekstiiliproto, joka voi tarjota uusia kommunikointi mahdollisuuksia kuurosokeille. Projektin tarkoitus on tuottaa älytekstiilien avulla vaatekappale, johon on integroitu sensoreita sekä muuta teknologiaa. Näin vaatekappale voi kerätä ympäristöstään tietoa ja mahdollistaa kielellisen kommunikoinnin kuurosokealle. Vaatekappale kommunikoi haptisella kielellä kosketuksen ja liikkeen kautta, vaatekappale voi esimerkiksi kertoa käyttäjälleen, jos joku tuijottaa heitä tai missä päin huonetta jokin esine on.

Projektissa yhdistetään sekä kehitetään huipputeknologiaa ja ICT:n työkaluja tarjoten mukautuvan ja älykkään haptisen yhtymäpinnan, joka pohjautuu mm. sensoriteknologiaan sekä kuvien ja signaalien prosessointiin.

Vaatekappaletta pystytään hyödyntämään myös muilla alueilla, kuten esimerkiksi sukeltajien ja palomiesten työvaatteissa; tilanteet joissa näkyvyys on rajallinen, mutta molemmat kädet pitää olla vapaina tai eliittitason urheilussa; valmentaja pystyy seuraamaan urheilijan liikkeitä.

Kolmivuotinen projekti tulee kestäämään vuoteen 2020 asti. (Smart Textiles 2019; Suitceyes 2018.)



Kuva 44. Kuvituskuva artikkelista.

**materiaalit:** johtavat kuidut  
**tekniikka:** integroidut sensorit  
**käyttö:** terveys, urheilu, työvaatteet  
**reagoi:** kosketus, ympäristö  
**miksi?** parantaa kuurosokeiden elämänlaatua teknologian avulla

*“By using sensors, face and object recognition, and other technologies, information about the surroundings will be captured and communicated to the user via a haptic interface based on smart textiles. We call this interface the HIPI (haptic intelligent personalised interface).”  
(Suitceyes, 2018.)*



# 11.9. KOOSTE

Materiaalit	Käyttö
sähköä johtavat kuidut: ● ● ● ●	julkitila: ● ● ● ●
luonnonmateriaali: ●	kuluttajat: ● ● ●
tekokuidut: ● ● ● ● ●	vaatetus: ● ● ●
	sisustus: ● ● ● ●
Miten on saatu reagoimaan?	Ärsyke
anturirakenne ja sensori: ● ● ● ●	liike: ● ● ●
älykäs materiaali: ●	valo: ● ●
pinnoite: ● ●	kosketus: ● ●
muu: ●	paine: ●
	ympäristö: ● ●
	lämpötila: ●
	ääni: ●

Yllä olevassa taulukossa on yhteenveto aikaisemmin esitellyistä kahdeksasta älytekstiilistä. Vaikka kartoituksessa olevat älytekstiilit ovat erilaisia sekä ne ovat eri osa-alueilta, taulukossa nostetaan esiin yleisesti niitä asioita, joihin tutkimuskysymyksillä haluttiin saada vastauksia.

Kartoitusvaihetta varten tutkin älytekstiilejä kaikista osa-alueista: tekniset tekstiilit, viihde, lääketiede, suojaus, armeija ja avaruus. Hyvin usean älytekstiilin kohdalla tulivat tietoa rajoittavat esteet vastaan, teknologiat on patentoitu ja monet eri yritykset kehittelevät niitä, jolloin tarkempaa tietoa ei luonnollisesti ole julkisesti saatavilla. Tieto oli myös hyvin yleisellä tasolla, joten moni mielenkiintoinen älytekstiilisovellus rajautui pois kartoituksesta, koska niistä oli saatavilla vain käyttötarkoitus sekä yleinen kuvaus, eikä tiedonmäärää riittänyt reagoinnin sekä materiaalien avaukseen.

Yleisesti älytekstiileissä näkyi opinnäytetyössäkkin käsiteltyjen sähköä johtavien kuitujen ja lankojen käyttö, sekä niiden kehitys. Älytekstiilien käyttö on niiden ansiosta laajentunut, koska tekstiileistä on saatu niiden avulla kevyitä, joustavia sekä pehmeitä, ilman että niissä on suuria elektronisia komponentteja. Sähköä johtavilla langoilla oli kudottu erilaisia anturirakenteita tai tekstiileihin oli integroitu sensoreita, jotka reagoivat erilaisiin ärsykkeisiin. Uskoisin että puettavassa teknologiassa tulee yleistymään myös sähköä johtavien musteiden käyttö, koska niiden avulla perinteisestä tekstiilistä saadaan reagoiva esimerkiksi painamalla kuvioita siihen, ilman että tekstiiliin tarvitsee kutoa tai neuloa sähköä johtavia lankoja.

Osa älytekstiileistä on yhteydessä käyttäjäänsä bluetoothin tai wifin välityksellä, keräten tietoa tai ohjaten käyttäjän toimintoja. Kerätty tieto voi olla myös jaettavissa ulkopuolisille, esimerkiksi.

lääketieteellisissä sovelluksissa lääkärin kanssa. Monissa kuluttajissa tiedon jakaminen sekä tiedon yhdistyminen appeihin ja älypuhelimiin herättää varmasti huolen aihetta. Voiko tieto päätyä väärin käsiin, ja miten yksityisyys pysyy suojattuna. Älytekstiileissä pitää pohtia myös tietoturvaan sekä yksityisyyteen liittyviä kysymyksiä, ja miten niitä säädetään.

Käyttäjälähtöinen suunnittelu sekä tuotekehittely ja eri alojen yhteistyö ovat erittäin keskeisessä asemassa, kun puhutaan älytekstiileistä. Älytekstiileillä on lähdetty ratkaisemaan tiettyä ongelmaa, jota voidaan myös myöhemmässä vaiheessa hyödyntää myös muilla aloilla vastaavissa ongelmissa. Esimerkkinä Suitceyes-projekti, jonka tarkoitus on suunnitella älytekstiili helpottamaan kuurosokeiden elämänlaatua, mutta jota pystytään myös hyödyntämään työvaatteissa tilanteissa, joissa käyttäjän kuulo- sekä näköaisti ovat erittäin rajalliset. Älytekstiilit edustavatkin tekstiilialan tulevaisuutta, joissa korostuvat innovaatiot sekä eri alojen ymmärtäminen ja yhteistyö.

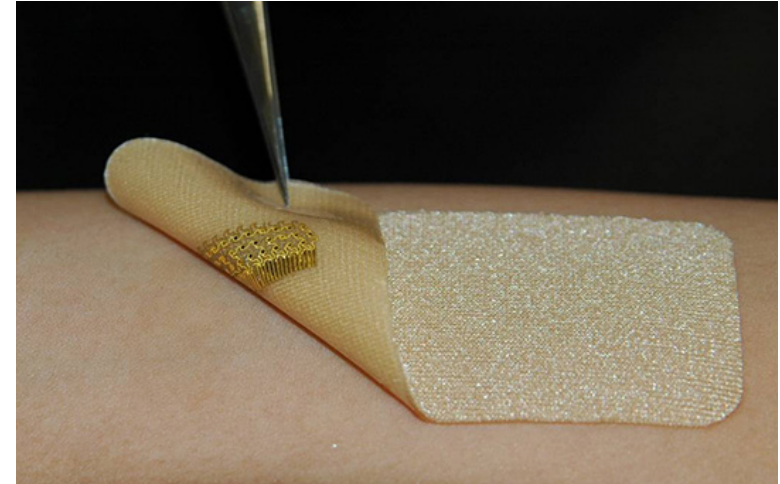
Yhteenvetona kartoituksen pohjalta voisi todeta, että kehitys on selvästi näkyvissä ja niitä on todella paljon kehityksessä, vaikka ne eivät kuluttajille massatuotteina näkyisikään niin selkeästi. Älytekstiilien kehitys on myös vaikuttanut teknologian sekä tekstiilimateriaalien kehitykseen, ja luonut uusia mahdollisuuksia sekä tulevaisuuden näkymiä tekstiilialalle.

## 12. YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoitus oli tutkia älytekstiilejä sekä mitä kaikkea on tarjolla ja kehityksessä. Oma pohjani älytekstiilien parissa oli alkanut opiskelijavaihdon aikana Boråsin yliopistossa, jossa pääsin tutustumaan niihin lähemmin ja nyt pääsin syventymään aiheeseen tutkimuksen, kirjallisuuden ja käytännön sovelluksien kautta tämän opinnäytetyön parissa.

Alusta asti tiedostin haasteiksi opinnäytetyössä sen, että älytekstiileissä yhdistyvät monien eri alojen osaaminen ja erityisesti sähkötekniikka ja tekstiilitekniikka, ja oma taustani on suunnittelupuolelta tekstiilien parista. Päätin pysyä omalla osaamisalueellani ja lähestyä aihetta tekstiilisuunnittelijan näkökulmasta. Havainnollistin teoriaa ja käsitteitä kuvien avulla, esittelemällä asian myös käytännön esimerkeillä. Toinen haaste oli lähdekirjallisuus, joka on suurimmaksi osaksi englanninkielellä ja teksteissä yhdistyvät monien eri alojen sanastoja. Kaikille termeille ei myös ole vielä suomenkielessä vakiintuneita termejä. Näiden pohjalta tein päätöksen kirjoittaa suomenkielellä ja panostaa opinnäytetyön selkeyteen ja visuaalisuuteen, jotta aihe-alue olisi helposti luettavissa ja sisäistettävissä.

Älytekstiilit ovat reagoivia tekstiilejä, joissa käytetään erilaisia materiaaleja, sähkökomponentteja tai älykkäitä materiaaleja, joten avasin nämä kaikki asiat tarkemmin itse tutkimusosuudessa.



Kuva 45. Mimicking skinin kehittämä biosensori lääketieteen käyttöön haavojen hoidossa.



Kuva 46. Lämpöpötiloihin reagoiva kangas, jota varten kehitettiin erikoislanka hiilinanoputkesta ja synteettisistä kuiduista Marylandin yliopistossa.

Tutkimuksen jälkeen esittelin laajemmin erilaisia älytekstiilejä, joita olin kartoittanut älytekstiilien valikoimasta erilaisten kriteerien pohjalta, jotka avasin opinnäytetyössä. Kartoittaessani älytekstiilejä haasteena oli ajankohtaisen tiedon löytäminen. Välillä tuntui, että uusimmista älytekstiileistä ei meinannut löytyä millään tietoa. Älytekstiilit ovat kuitenkin vielä aika niche-markkinoita, joten yritykset patentoivat ratkaisujaan sekä tuotekehittely tapahtuu suljettujen ovien takana. Monet artikkelit ja ajankohtaisimmat tiedot olivat myös tavallisilta kuluttajilta saavuttamattomissa maksullisten palveluiden takana. Markkinat ja materiaalit ovat myös kehittyneet vauhdilla, joten välillä tuli myös vastaan tietoa, mikä ei ehkä enää ollut niin ajankohtaista.

Oli kuitenkin hienoa huomata koko opinnäytetyön prosessin aikana, kuinka paljon niiden kehitys ja markkinat ovat kuitenkin kasvaneet viime vuosien aikana.

Vaikka prosessin aikana oli paljon haasteita ja luin loputtomasti artikkeleja, joista ei kuitenkaan itse tietoa saanut välillä ollenkaan tutkimukseen, aukeni itselle kuitenkin älytekstiilien maailma sekä se, miten tekstiiliin saa reagoimaan. Tekstiilisuunnittelijan näkökulmasta myös erilaiset sähköä johtavat langat sekä uudet materiaalit olivat mielenkiintoisia, ja niitä pystyn hyödyntämään kankaiden suunnittelussa, mikä on oma vahvuus alueeni tällä osa-alueella. Yhteistyöni toimeksiantajani kanssa jatkuu edelleen työharjoittelun merkeissä, jossa pääsen käytännössä työskentelemään edellä mainittujen materiaalien parissa.

Toivon, että opinnäytetyöni tarjoaa visuaalisen ja mielenkiintoisen matkan älytekstiilien maailmaan ja havainnollistaa esimerkkien kautta, mitä ne myös käytännössä ovat.

# LÄHTEET

Affatato L., Carfagna C. 2013. Smart Textiles: A strategic perspective of textile industry. Vincenzini, Pietro, Carfagna, Cosimo. Smart and Interactive Textiles. Sveitsi: Trans Tech Publications. 1-6.

Chandler, David L. 2014. Controlling a material with voltage. Massachusetts Institute of Technology News. <http://news.mit.edu/2014/controlling-material-with-voltage-1120> (luettu 1.2.2019).

Diaz, Jesus 2019. Ikea's new curtains purify the air inside you house. The Fast Company. <https://www.fastcompany.com/90309145/ikeas-latest-product-fights-deadly-air-pollution-inside-your-home> (luettu 21.2.2019).

Drapilux. N.d. More than just a fabric. <https://en.drapilux.com/products/more-just-fabric> (luettu 20.2.2019).

Eriksson, Therése 2018. Föränderlig gardin från Smart Textiles i kongresshuset. Smart Textiles. <http://smarttextiles.se/2018/11/20/foranderlig-gardin-fran-smart-textiles-i-kongresshuset/> (luettu 2.4.2019).

Google 2017. Jacquard™ by Google. <https://atap.google.com/jacquard/about/> (luettu 20.2.2019).

Hitti, Natashah 2019. Layer's smart Move seating for Airbus adapts to the passengers' needs. Dezeen. <https://www.dezeen.com/2019/02/18/layer-move-smart-seating-airbus-economy-technology/> (luettu 25.2.2019).

IIIIK INTO Oy 2018. [www.iiikinto.com](http://www.iiikinto.com) (luettu 15.2.2019).

IKEA 2019. IKEA introduces a new way to reduce indoor air pollution with curtain. [https://www.ikea.com/us/en/about\\_ikea/newsitem/021919-IKEA-GUNRID-curtain](https://www.ikea.com/us/en/about_ikea/newsitem/021919-IKEA-GUNRID-curtain) (luettu 21.2.2019).

IKEA 2019. Meet GUNRID- the air purifying curtain. <https://ikea.today/meet-gunrid-air-purifying-curtain/> (luettu 21.2.2019).

Kadoglu, Huseyin. n.d. Conductive yarns and their use in technical textiles. Technical Textiles. <https://www.technicaltextile.net/articles/conductive-yarns-and-their-use-in-technical-textiles-3739> (luettu 19.2.2019).

Kinnarps 2017. Tulevaisuuden älykkäät materiaalit. <https://www.kinnarps.fi/tietoa-tyoymparistosta/tulevaisuuden-alykkaat-materiaalit/> (luettu 15.2.2019).

Koncar, Vladan 2016. Introduction to smart textiles and their applications. Koncar, Vladan. Smart textiles and their applications. Woodhead Publishing in textiles. 1-8.

Kuusku, Kristi 2016. Smart textiles for wellbeing. Tekstiililehti. <http://www.tekstiililehti.fi/fi/ajankohtaista/smart+textiles+for+wellbeing+may+2016/> (luettu 27.3.2019).

Kvadrat. n.d. Kvadrat Soft Cells: Soft Cells - Acoustic panels for sound absorption. [www.soft-cells.com](http://www.soft-cells.com). (luettu 21.2.2019).

Köhler Andreas R., Hilty Lorenz M., Bakker, Conny 2011. Prospective Impacts of Electronic Textiles on Recycling and Disposal. Journal of Industrial Ecology 4, 496-511.

Levi's 2019. Levi's® Commuter X Jacquard by Google. [https://www.levi.com/US/en\\_US/clothing/men/outerwear/levis-commuter-x-jacquard-by-google/p/286600000](https://www.levi.com/US/en_US/clothing/men/outerwear/levis-commuter-x-jacquard-by-google/p/286600000) (luettu 20.2.2019).

Mattila, Heikki 2015. Yarn to fabric: Intelligent textiles. Sinclair, Rose. Textiles and fashion- materials, design and technology. Woodhead publishing series in textiles. 355-375.

Micro-Coax. N.d. Aracon. <https://www.araconfiber.com/> (luettu 27.3.2019).

Nissi-Rantakömi, Satu 2017. Tekstiilialan innovaatiot: Mitä ovat älytekstiilit ja funktionaaliset tekstiilit? Suomen Tekstiili & Muoti Ry. <https://www.stjm.fi/uutiset/tekstiilialan-innovaatiot-mita-ovat-alytekstiilit-ja-funktionaaliset-tekstiilit/> (luettu 1.2.2019).

Ossevoort S.H.W 2013. Improving the sustainability on smart textiles. Tünde, Kirstein. Multidisciplinary know-how for smart textiles developers. Woodhead Publishing in textiles. 399-419.

Paret, Dominique, Crego, Pierre 2018. Wearables, Smart Textiles & Smart Apparel. Lontoo: ISTE Press - Elsevier. 25.

Philips. N.d. Luminous textile. <https://www.largeluminoussurfaces.com/luminoustextile>. (luettu 21.2.2019).

Philips. N.d. Luminous flooring. <http://www.lighting.philips.com/main/systems/lighting-systems/luminous-flooring> (luettu 21.2.2019).

Pouta, Emmi 2016. Worn identities- Vuorovaikutteiset tekstiilit tulevaisuuden kehon jatkeina. Taiteen maisterin opinnäytetyö. Helsinki: Aalto-yliopiston taiteiden ja suunnittelun korkeakoulu. Luettavissa osoitteessa <https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/26286> (luettu 20.2.2019).

Reebok 2016. Puremove bra. [https://www.reebok.com/us/puremove\\_bra](https://www.reebok.com/us/puremove_bra) (luettu 27.3.2019).

Räisänen, Riikka, Rissanen, Marja, Parviainen, Erja, Suonsilta, Helena 2016. Tekstiilien materiaalit. Helsinki: Finn Lectura.

Schwarz A. Van Langenhove L. 2013. Types and processing of electro-conductive and semiconducting materials for smart textiles. Tünde, Kirstein. Multidisciplinary know-how for smart textiles developers. Woodhead Publishing in textiles. 29-60.

Smart Textiles 2019. Forskning tar dövblinda ut ur mörkret. Smart textiles. <http://smarttextiles.se/2018/03/06/forskning-tar-dovblinda-ut-ur-morkret/> (luettu 2.4.2019).

Suomen Standardisoimisliitto SFS 2012. Tekstiilit ja tekstiilituotteet. Älytekstiilit. Määritelmät, luokitus, soveltaminen ja standardisointitarpeet CEN/TR 16298:fi. Helsinki. (luettu 11.3.2019).

Swicofil. N.d. SwicoSilver. <https://www.swicofil.com/commerce/products/2swicosilver/619/introduction> (luettu 28.3.2019)

Tao, Xiaoming 2001. Smart technology for textiles and clothing- introduction and overview. Tao, Xiaoming. Smart fibers, fabrics and clothing. Woodhead publishing in textiles. 1-5.

Tempur 2016. <https://fi.tempur.com/> (luettu 27.3.2019).

Työterveyslaitos 2016. Formaldehydi. <https://www.ttl.fi/kemikaalit-ja-tyo/formaldehydi/> (luettu 26.2.2019).

Haastattelut

Blom, Liina 2019. Toimitusjohtaja. IIIIK INTO OY. Haastattelu: 14.2.2019.

# KUVALÄHTEET

Kuva 1: Viitekehys  
Anette Jääskeläinen

Kuva 2: Kumpu-kangas  
[www.iiiikinto.com](http://www.iiiikinto.com)

Kuva 3: Logo  
[www.iiiikinto.com](http://www.iiiikinto.com)

Kuva 4: Vauhti-kangas  
[www.iiiikinto.com](http://www.iiiikinto.com)

Kuva 5: Solu  
Tao, Xiaoming 2001. Smart fibers, fabrics and clothing. Woodhead publishing in textiles. 1-5.

Kuva 6: Robotic Spider-mekko  
<https://in-touch-digital.com/2016/12/14/what-is-the-role-of-e-textiles-and-smart-textiles-for-touch-based-communication/>

Kuva 7: Outlast  
<https://www.sweatytots.com/temperature-regulating-technology>

Kuva 8: Tempur  
<https://id.tempur.com/>

Kuva 9: Reebok PUREMOVE  
[https://www.reebok.com/us/puremove\\_bra](https://www.reebok.com/us/puremove_bra)

Kuva 10: Kaavio  
Schwarx, Anne, Van Langenhove, Lieva, Guermontprez, Philippe, Deguillemont, Denis 2010. A roadmap on smart textiles. The Textile Institute.



Kuva 11: Paita

Sinclair, Rose 2015. Textiles and fashion- materials, design and technology. Woodhead publishing series in textiles. 355-375.

Kuva 12: Johtava muste

<https://www.bareconductive.com/>

Kuva 13: Du Pont

<https://www.dupont.com>

Kuva 14: Vibe-ing mekko

<http://www.kristikuusk.com>

Kuva 15: Project Jacquard

<https://atap.google.com/jacquard/>

Kuva 16: Owl smart sock

<https://owletbabycare.co.uk/>

Kuva 17: Kudottu kangas

<http://stdl.se/?p=2024>

Kuva 18: Kudottu kangas

<http://stdl.se/?p=2024>

Kuva 19: Neulekangas

<http://stdl.se/?p=2024>

Kuva 20: Jacquardkudottu kangas

<http://stdl.se/?p=2024>

Kuva 21: Kuidun poikkileikkauskuva

Tünde, Kirstein 2013. Multidisciplinary know-how for smart textiles developers. Woodhead Publishing in textiles. 29-60.

Kuva 22: Sähköä johtavat polymeerit

Tünde, Kirstein 2013. Multidisciplinary know-how for smart textiles developers. Woodhead Publishing in textiles. 29-60.

Kuva 23: Taulukko

Tünde, Kirstein 2013. Multidisciplinary know-how for smart textiles developers. Woodhead Publishing in textiles. 29-60.

Kuva 24: Aracon

<https://www.araconfiber.com>

Kuva 25: SwicoSilver

<https://www.swicofil.com/commerce/brands/swicosilver>

Kuva 26: Piirilevy

<http://www.adetexs.com/>

Kuva 27: Layer x Airbus

<https://www.wgsn.com/blogs/layer-x-airbus-using-smart-textiles-to-improve-the-travel-experience/>

Kuva 28: Layer x Airbus

<https://www.wallpaper.com/lifestyle/layer-benjamin-hubert-airbus-move-project>

Kuva 29: Sensori

<https://atap.google.com/jacquard/>

Kuva 30: Materiaalit

<https://atap.google.com/jacquard/>

Kuva 31: Rakenne

<https://atap.google.com/jacquard/>

Kuva 32: Protoja

<https://atap.google.com/jacquard/>

Kuva 33: Kudottu anturirakenne

<https://atap.google.com/jacquard/>

Kuva 34: Kudottu anturirakenne

<https://atap.google.com/jacquard/>

Kuva 35: Gunrid-verho

<https://www.dezeen.com/2019/02/19/ikea-air-purifying-curtain-gunrid-design/>

Kuva 36: Tuotanto

<https://www.dezeen.com/2019/02/19/ikea-air-purifying-curtain-gunrid-design/>

Kuva 37: Air-kangas

<https://humeinternationale.com/wp-content/uploads/2017/12/102-1.pdf>

Kuva 38: Värivalikoima

<https://humeinternationale.com/wp-content/uploads/2017/12/102-1.pdf>

Kuva 39: Tekstiilipaneelit

<http://soft-cells.com/products/philips>

Kuva 40: Tekstiilipaneelit

<http://soft-cells.com/products/philips>

Kuva 41: Nadi-X

<https://www.wearablex.com/>

Kuva 42: Nadi-X

<https://www.wearablex.com/>

Kuva 43: Gradient weave-verho

<http://smarttextiles.se/2018/11/20/foranderlig-gardin-fran-smart-textiles-i-kongresshuset/>

Kuva 44: Suitceyes

<http://smarttextiles.se/2018/03/06/forskning-tar-dovblinda-ut-ur-morkret/>

Kuva 44: Bio-senrori

<https://www.wearable-technologies.com/2019/03/wearable-biosensors-help-wound-healing-process-by-mimicking-skin/>

Kuva 45: Älykäs kangas

<https://www.wearable-technologies.com/2019/03/smart-fabric-automatically-cools-or-insulates-depending-on-conditions/>