

HOIVAN JA HYVINVOINNIN EDISTÄMINEN **UUSILLA JA ÄLYKKÄILLÄ TEKSTIILEILLÄ**

TEKSTI: MINNA VARHEENMAA, projekti-insinööri TAMK,
TEEMU SALO, väitöskirjatutkija TaU,
TIINA YLINEN, projekti-insinööri TAMK,
JAANA HÄNNIKÄINEN, lehtori TAMK

Hoivalla voidaan yleisesti ymmärtää erilaisia toimenpiteitä, jotka tukevat henkilön yksilöllistä hyvinvointia. Hoiva ja hyvinvointi koostuvat monista tekijöistä, joiden edistämiseen on monipuolisesti käytetty tekstiileitä. Muun muassa vaatetuksen ja huoneen sisustuksen kautta on pyritty positiivisesti vaikuttamaan henkilön aisteihin ja mielentilaan.

Tekstiileitä kehittämällä hyvinvoinnin näkökulmasta on mahdollista edistää fyysistä ja henkistä terveyttä. Tämä on huomioitu vaatteiden suunnittelussa, missä muun muassa rauhoittava värimaailma, pehmeys ja mukavuus ovat suunnittelun keskiössä. Uusilla sovelluksilla voidaan tukea ihmisten itsenäisyyttä ja vähentää arjen kuormittavuutta. Tekstiilien nykyisten ominaisuuksien lisäksi hyvinvointia voidaan entistä monipuolisemmin tukea uusilla materiaaleilla, älykkäillä tekstiilimateriaaleilla, ja elektroniikkaa sisältävillä älytekstiileillä.

Tekstiileistä hyvä alusta toiminnallisuuden ja älykkyyden integrointiin

Tekstiilikuidut, kuten luonnonkuidut, selluloosamuuntokuidut, synteettiset kuidut sekä vaativaan käyttöön tarkoitettujen korkeamman teknologian tekniset kuidut, joita käytetään muun muassa työ- ja suojavaatteissa, voivat soveltua osaksi älytekstiiliä riippuen käyttökohteesta ja valmistusteknologioista. Luonnonkuiduilla, kuten puuvillalla tai villalla voidaan saada haluttua käyttömukavuutta ja tuntua ihoa vasten. Muuntokuiduista yleisimmillä selluloosamuuntokuiduilla, kuten viskoosilla, on hyvä kosteudenimukyky ja se tuntuu iholla viileältä, mutta sen alhainen kulutuksenkesto on

huomioitava käyttökohteen vaatimusten mukaan. Viskoosien alaryhmään kuuluvan Lyocellin valmistuksessa ei käytetä myrkyllisiä kemikaaleja. Erikoislujia viskoosikuituja voidaan käyttää lujitekuituina tai hiilikuitujen valmistukseen. Selluloosan raaka-aineena voidaan käyttää myös kierrätettyä materiaalia, kuten farkkuja ja sanomalehtiä, joita on hyödynnetty uusissa kuituinnovaatioissa.

Synteettisillä kuiduilla voidaan saada haluttua kulutuksenkestävyyttä ja kuitujen elastisilla ominaisuuksilla haluttua palautumiskykyä venytyksestä. Esimerkiksi polyesteri ja polyamidi kestävät kulutusta hyvin ja kuitujen palautuminen venymästä on hyvä, erityisesti polyamidilla, joka palautuu täydellisesti alkuperäiseen pituuteensa kahdeksan prosentin venymästä. Elastaani palautuu 500 prosentin venytyksestä lähes täydellisesti, kun taas puuvillan palautuminen viiden prosentin venytyksestä on 45 prosenttia. Kankaiden ja neulosten sidosrakenteella ja materiaalivalinnalla voidaan vaikuttaa

“Kuitukangasteollisuudelle älytekstiilien valmistusmäärät ovat vielä pieniä”

tekstiilien elastisuuteen. Kuitukangasteollisuudelle älytekstiilien valmistusmäärät ovat vielä pieniä, joten valinta tehdään lähinnä markkinoilla jo olevista kuitukankaista. Esimerkiksi faasimuutosmateriaaleja on integroitu kuitukankaisiin, ja hiilipohjaisia kuitukankaita on tutkittu painettavan elektronikan ja akkumateriaalien sovelluksissa. Kuitujen raaka-aineina on mahdollista käyttää myös kierrätettyjä tai biopohjaisia materiaaleja, mutta niiden saatavuus on vielä rajallista ja niitä käytetäänkin usein sekoitteina.

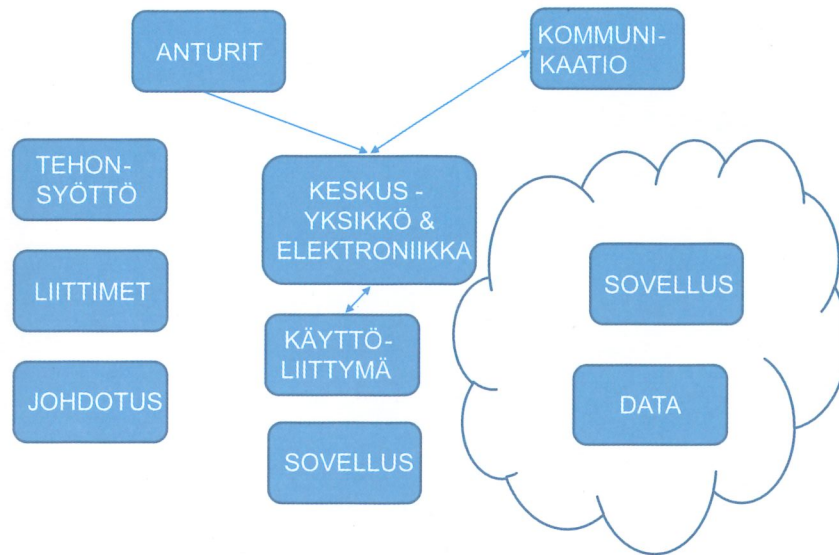
Perinteinen tasomainen tekstiili saadaan aikaan langoista, jotka risteilevät keskenään (kudotut kankaat) tai sitoutuvat toisiinsa silmukoin (neulokset). Lisäksi kuidut voidaan sitoa toisiinsa mekaanisesti, lämmöllä tai kemiallisesti liiman avulla (kuitukankaat). Pinnoitteilla ja laminoiduilla kalvoilla saadaan lisättyä toiminnallisia ominaisuuksia tekstiiliin, kuten veden- ja tuulenpitävyyttä. Kolmiulotteisia spacer-tekstiilirakenteita saadaan lisäämällä lankajärjestelmiä kudottuun tai

neulottuun rakenteeseen. Rakennerratkaisuilla ja viimeistyskäsittelyillä aikaansaadut toiminnalliset ominaisuudet ovat muuttumattomia, eli ne eivät reagoi esimerkiksi lämpötilaan, valoon, mekaaniseen liikkeeseen, sähkövirtaan, magneettikenttään tai kemialliseen ärsykkeeseen, kuten älykäs tekstiili.

Elektronisten tekstiilien (e-tekstiilien) rakenteessa on yleensä jokin sähköä johtava elementti, kuten kuitua tai lankaa sähköä johtavasta metallista tai polymeeristä kudottuna tai neulottuna tekstiilirakenteeseen. Nepparit ja vetoketjut tai muut tekstiiliteknologian komponentit ovat hyödynnettävissä esim. liittiminä. Lisäksi tekstiilille voidaan painaa johtavia rakenteita erilaisilla johtavilla musteilla. E-tekstiili ilman elektronikan komponentteja sellaisenaan on toiminnallinen tekstiili, ellei siihen liity vuorovaikusta ympäristön olosuhteiden kanssa ja siitä seuraavaa muutosta sen ominaisuuksissa tai toiminnallisuudessa. Vuorovaikutteinen e-tekstiili saadaan rakentamalla data-arkkitehtuuri systeemillä

Toiminnallinen tekstiilituote	Lyhyt kuvaus	Älytekstiilimateriaalit	Lyhyt kuvaus
Sähköä johtava	johtavat sähköä tai muodostavat sähkökentän laitteessa	Faasimuutos	lämmönluovutus ja -varastointi latentin lämmön muodossa faasimuutoslämpötila-alueella, materiaali muuttaa olomuotoaan tai tilaansa nestemäisen ja kiinteän olomuodon välillä
Lämpöä johtava	johtavat lämpöenergiaa korkeammasta lämpötilasta matalamman lämpötilan suuntaan	Kromaattinen	värinmuutos värittömästä tai heikosta väristä toisen väriksi esim. valon, lämmön, paineen, entsyymien tai sähköistyvyyden aikaansaamana, esim. vaatteessa indikoimaan lämpötilan muutosta
Lämpöä säteilevä	sähkömagneettinen säteily pinnasta infrapuna-alueella	Mikrokapseloidut aktiiviset aineet	reagoivat ympäristön muutokseen, mutta eivät vapauta aineita, faasimuutosmateriaalit, hikoilua absorboivat aineet
Optisesti johtava	kuljettavat näkyvää valoa, lasiset tai muoviset valokuidut tiedonsiirrossa	Muotoa muuttavat, muotonsa muistavat	muotomuistimateriaalit muuttavat muotoaan tai kokoaan lämpötilan, kosteuden, pH:n, UV-valon tai sähkövirranmuutoksen seurauksena, muutos voi olla yksisuuntainen tai kaksisuuntainen, tekstiileissä tyyppillisiä polymeeriset muistimateriaalit
Fluoresoivat	fluoresenssi, materiaalin emittoiman fotonin energia pienempi kuin sen absorboiman fotonin energia, UV-valon muuttuminen näkyväksi valoksi	Superabsorboivat geelit ja polymeerit	imevät itseensä suuren määrän nestettä (jopa 500-1000 kertaisesti) omaan painoonsa nähden eivätkä puristettaessa luovuta sitä, eräänlaisia muotomuistimateriaaleja, imuikykyyn voidaan vaikuttaa pH:n, lämpötilan, sähkö- tai magneettikentän muutoksella joillain superabsorbenteilla
Fosforoivat	fosforesenssi, viritetyssä olevat säteilyä absorboineet fosforoivat materiaalit voivat loistaa pimeässä pitkään ilman ulkoista tehonlähdettä	Aukseettiset	venytettäessä kovettuvat ja poikkileikkaus kasvaa, puristuksessa kutistuvat
Aineita vapauttavat	tekstiiliin kiinnitetyn mikrokapselin rikkoutuminen mekaanisen voiman, lämmön, pH:n tai veden vaikutuksesta vapauttaa kapselin sisällä olevan lääkeaineen tms., käytössä kuluva kevyt pinnoite vapauttaa ainetta	Dilatoivat (leikkauspaksunevat)	iskun vaikutuksesta kovettuvat, pehmeitä pienen mekaanisen liikkeen vaikutuksessa, vartalosuojaimet
		Sähkövirtaan, sähkökenttään reagoivat, sähköä tuottavat materiaalit	Lämpösähköiset; Valosähköiset; Pietosähköiset; Elektroluminoivat; Elektrolyttiset; Kapasitiiviset

Esimerkki älytekstiilituotteiden teknisestä jaottelusta. (Nousiainen, 2019 ja EN ISO TR 23383).



Esimerkki elektronisista komponenteista älytekstiilijärjestelmässä (kuvaus Jaana Hännikäinen).

kerätystä datasta vastaamaan johonkin käyttäjän tarpeeseen. Siihen liittyen tarvitaan elektronisia komponentteja, joista on rakennettu elektroniikkamoduuleja. Kuitenkin sovelluksesta riippuen, rajapinta toiminnallisuuden ja älykkyyden välillä voi olla tulkinnanvarainen. Toiminnallisia ja älykkäitä ominaisuuksia on luokiteltu oheisessa taulukossa.

Materiaalien ja komponenttien kohtaaminen - haaste kierrätykselle

Perinteiseen tekstiilialaan verrattuna noin 25 vuotta vanha älytekstiilitoimiala on vielä varsin uusi. Älytekstiileissä ja puettavassa elektroniikassa on monia erilaisia materiaaleja perinteisten tekstiilimateriaalien lisäksi. Muun muassa tekstiilin pinnan viimeistelyssä, koteloituina lisäaineina kuiduissa, ja liitettävissä komponenteissa on käytetty muoveja, keraameja ja metalleja. Älytekstiilejä ja puettavaa älykkyyttä suunniteltaessa tekstiilikuitu- ja muut materiaalivalinnat tulisi ottaa huomioon jo alusta lähtien yhteistyössä suunnittelijoiden kanssa koko kehitysprosessin ajan. EU:n tekstiilistrategian linjaukset pätevät myös älytekstiilien vastuullisessa ja kestävässä suunnittelussa, mitkä pitävät sisällään mm. materiaalien ja komponenttien pitkäikäisyyden, pesunkestävyyden, huolettavuuden, korjattavuuden ja kierrätettävyyden. Haasteita tuovat usean eri materiaalin yhdistelmät tuotteissa tai sekoitteet kuituraaka-aineissa, jotka voivat estää tai hankaloittaa kierrätettävyyttä. Näihin voidaan vaikuttaa valitsemalla monomateriaaleja, biopohjaisia kuitumateriaaleja, ja suunnitteleamalla irrotettavia modulaarisia ratkaisuja äly-

“Haasteita tuovat usean eri materiaalin yhdistelmät”

tekstiilituotteisiin. Älytekstiilien kestävyyttä, pestävyyttä ja toimivuutta käytössä voidaan testata tekstiilikomponenttien osalta tekstiilitestausmenetelmin ja niitä soveltaen, kun tekstiileihin on yhdistetty älykkäitä materiaaleja ja elektronisia komponentteja. Käyttötarkoituksen mukaan valitut testaukset soveltuvat erityisesti tekstiilimateriaalien väliseen vertailuun, ja kertovat mm. miten materiaali kestää kulutusta käytössä ja pesuissa, sekä miten pesu vaikuttaa materiaalin mittoihin ja ulkonäköön. Tärkeää on tietää muidenkin materiaalien ja komponenttien osalta, kuinka pitkäikäistä tekstiiliin yhdistettävä älykäs materiaali ja elektroniikka ovat. Myös yhdistetessä kovia ja pehmeitä materiaaleja, niiden liitoskohdat ovat yleensä herkempiä vaurioitumiselle käytössä.

Älytekstiili voi vastena käsittelemäänsä ärsykkeeseen muuttaa muotoaan, kokoaan tai funktiotaan toistettavalla, johdonmukaisella tavalla. Perinteiset kuitumateriaalit voivat soveltua hyvin yhdistettäväksi älytekstiilimateriaaleihin, sähköisiin tekstiileihin ja niiden kombinaatioista muodostuviin älytekstiilijärjestelmiin, kun otetaan huomioon niiden käyttötarkoitus ja valmistusteknologiat. Jo valmistusvaiheessa seluloosapohjaisiin muuntokuituihin ja synteettisiin kuituihin voidaan kapseloida esimerkiksi lämpötilan muutokseen reagoivaa faasimuutosmateriaalia, joka sulaessaan sitoo lämpöä ja kiteytyessään luovuttaa lämpöä ympäristöön.



Outlast Technologies GmbH:n parafinipohjaisia faasimuutosmateriaaleja sisältävät tuoteratkaisut ovat tunnetuimpia, esimerkiksi kuitukankaaseen tai neulokseen integroituna. Kuva: Minna Varheenmaa.

Älytekstiileistä kohti monimutkaisempia älytekstiilijärjestelmiä

Älykkäiden materiaalien lisäksi tekstiileihin voidaan elektroniikalla lisätä älykkäitä ja ohjelmoitavia ominaisuuksia. Käytetyt elektroniikkamoduulit valmistetaan perinteisillä elektroniikan valmistusmenetelmillä, missä esimerkiksi epoksi-lasikuitulevyille (FR4:lle) tai polyimidikalvolle laminoitu kuparifolio kuvioidaan litografiatekniikalla, ja lopuksi kalustetaan elektroniikkakomponenteilla. Hajautetulla moduulirakenteella voidaan sulauttaa tekstiilille monimutkainen elektroniikkasysteemi, missä moduulit voivat toimia keskusyksikkönä, lähettimenä, akkuna tai sensorina. Yksinkertaiset älytekstiilit voivat perustua yksittäisiin moduuleihin, jotka irtotetaan pesun ajaksi tekstiilistä. Esimerkiksi Movesense Oy on kehittänyt yhden moduulin ratkaisun, missä akku, sensorit, ja lähetin ovat integroitu yhteen ja samaan moduuliin. Monimutkaisemmat ja sulautetummat systeemit vaativat enemmän kuin yhden moduulin, jotka voidaan liittää yhteen mukautuvien sähköjohtimien avulla.

Johtimia voi integroida tekstiileihin monella eri menetelmällä. Tekstiilien näkökulmasta hopealla päällystettyjä lankoja sekä hiilikuitu- ja teräsfilamentteja voidaan sellaiseen hyödyntää kankaiden ja neulosten valmistusprosesseissa. Esimerkiksi Myontec Oy käyttää työskentelyasentoa mittavissa vaatteissa sähköä johtavaa neulosta, ja Embro GmbH hyödyntää brodeerausta elektroniikan integroimiseen tekstiileihin. Tekstiileille ominaisten valmistusmenetelmien lisäksi venyvälle muovikalvolle painettuja hopeamustejohtimia on

laminoitu vaatteisiin. Yksinkertaisimmillaan vaatteisiin voidaan jättää taskut taipuisille piirilevyliuskoille, jotka voidaan moduulin kanssa ottaa vaatteista pois pesujen ajaksi.

Elektroniikkaa sisältäviä tekstiileitä käytetään sekä ympäristön että vaatteiden aktivoimiseen. Esimerkiksi verhoihin voidaan integroida valo ja viihtyisyyden parantamiseksi, ja mattoihin lisätyillä paineantureilla voidaan tunnistaa ja mitata liikettä. Vaatteisiin lisätyillä elektroniikalla pyritään tukemaan ihmisten hyvinvointia parantamalla vaatteiden ominaisuuksia – vaatteiden tulee lämmittää, suojata ja ilmaista käyttäjäänsä. Nykypäivänä elektroniikkaa on lisätty jo monella menetelmällä vaatteisiin, esimerkiksi lämpiävillä vaatteilla

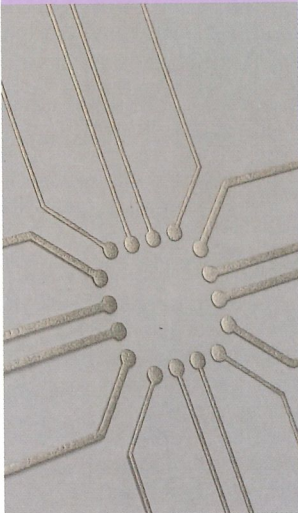
“elektroniikalla pyritään tukemaan ihmisten hyvinvointia”

on parannettu laskettelijoiden ja työntekijöiden suoritusta ja hyvinvointia. Lisäksi vaatteet integroidulla hätäpainikkeella ja kaatumisen tunnistuksella parantavat henkilökunnan ja potilaiden suojaa. Väriä vaihtavilla vaatteilla käyttäjät voivat myös ilmaista ja välittää tunteitaan.

Tulevaisuuden näkymiä

Tulevaisuudessa älytekstiileissä huomioidaan entistä paremmin ympäristön ja käyttäjien hyvinvointi. Yhä pienemmät ja tehokkaammat elektroniikkamoduulit ovat muun elektroniikan

Painettu
elektroniikka



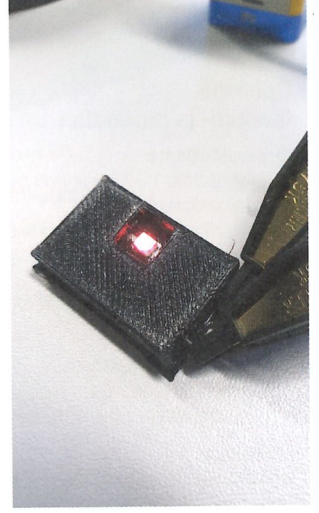
Perinteinen
elektroniikka



Lankoihin perustuva
elektroniikka



3D-tulostettu
elektroniikka



Eri menetelmillä valmistettua elektroniikkaa.

kanssa kierrätettävissä, sekä tekstiilimateriaalien uusiokäyttö on ottanut merkittäviä harppauksia eteenpäin. Uusilla ja pienemmillä sähköä johtavilla johtimilla voidaan minimoida hopean määrä tekstiilissä. Käyttökohteesta riippuen johtavia rakenteita voidaan painaa hiilimustasta, biohajoavasta polymeeristä tai muusta ympäristöystävällisestä materiaalista. Biopohjaisia materiaaleja voidaan myös hyödyntää uusissa valmistusmenetelmissä, kuten ainetta lisäävässä 3D-tulostamisessa. Ympäristönäkökulmat ovat tärkeitä yhä sulautuneempien älytekstiilirakenteiden kehittämisessä, mitkä mahdollistavat käyttäjille kestävämpiä, monikäyttöisempiä ja luontaisempia älytekstiileitä ja -vaatteita. ■

Lähteitä ja kirjallisuutta:

Directorate-Generale for Environment. Euroopan komissio. 2022. EU strategy for sustainable and circular textiles. Luettu 4.1.2023. https://environment.ec.europa.eu/publications/textiles-strategy_en

- ISO/TR 23383:2020(en) Textiles and textile products — Smart (Intelligent) textiles— Definitions, categorisation, applications and standardization needs
Kerkola, H.; Jumisko-Pyykkö, S.; Varheenmaa, M.; Rissanen, M.; Hännikäinen, J. 2023. Älykkäitä ja kestäviä tekstiilejä digitaalisuutta hyödyntäen. Tekstiililehti 3/2023, ss. 33-37.
- Nousiainen, P. & Rissanen, M. 2019. Tekstiilikuidut – tekniset ja älykkäät tekstiilit. Tampere: Tammertekniikka. 275 s. ISBN-13: 978-952-5491-95-1
- Rissanen, M. 2023. Uusia ja uusvanhoja kuituja, Tekstiililehti 2/2023, ss. 16-17.
- Räisänen, R., Rissanen, M., Parviainen, E. & Suonsilta, H. 2017. Tekstiilien materiaalit. Helsinki: Oy Finn Lectura Ab. 259 s. ISBN: 978-951-792-756-7
- Varheenmaa M., Hännikäinen, J., Kostia, S. 2023. Kestävien ja älykkäiden tekstiilien ekosysteemin kehittäminen. Teoksessa: TAMK-konferenssi: TAMK Conference 2023: estradilla TAMKilaisten tiedot, taidot ja osaaminen. Kenttälä-Koivumäki, T. (toim.) TAMK, Tampere. ss. 27-32 ISBN 978-952-7266-78-6 ■

Osa tämän artikkelin selvitystyöstä on toteutettu elokuussa päättyneessä Pirkanmaan kestävien ja älykkäiden tekstiilien osaamis- ja innovaatioekosysteemi -hankkeessa (8. REACT-EU:n EAKR-toimenpiteet).

Lisää tietoa hankkeesta ja sen tuloksista Future Wearables Lab -sivustolla: www.futurewearableslab.fi sekä hankkeen kotisivuilla ja LinkedIn-sivuilla:

projects.tuni.fi/pirkanmaan-kestavien-ja-alykkaiden-tekstiilien-osaamis-ja-innovaatioekosysteemi

www.linkedin.com/showcase/alykkaat-tekstiilit