



# Kartoitus uusiutuvien kuitujen käytettävyydestä kuitukankaissa

Aki Oksanen

OPINNÄYTETYÖ  
Marraskuu 2021

Biotuote- ja prosessitekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Biotuote- ja prosessitekniikka

OKSANEN, AKI:

Kartoitus uusiutuvien kuitujen käytettävyydestä kuitukankaissa

Opinnäytetyö 37 sivua, joista liitteitä 0 sivua  
Marraskuu 2021

---

Opinnäytetyö on kirjallisuuskatsaus uusiutuvien kuitujen käytettävyydestä kuitukankaissa. Opinnäytetyön tarkoitus oli kartoittaa kuitukankaissa käytettäviä uusiutuvia kuituja, selvittää minkälaisia teknisiä ominaisuuksia puupohjaisilta kuiduilta vaaditaan kuitukangassovelluksissa sekä pohtia, kuinka kuituja hyödynnetään tai voitaisiin hyödyntää kuitukankaissa tulevaisuudessa. Opinnäytetyön tavoitteena oli toimia Tampereen ammattikorkeakoululle yleisesityksenä kuitukankaiden uusiutuvista kuiduista.

Kuitukankaat ovat tasomaisia, kuiduista valmistettuja tekstiilimateriaaleja, joissa kuituja on sidottu toisiinsa kemiallisesti, mekaanisesti tai lämmön avulla sekä näiden menetelmien yhdistelmillä. Kuitukankaiden valmistuksessa käytetään paljon synteettisiä kuituja, mutta uusiutuvien kuitujen osuus on kasvamassa. Tällä hetkellä kuitukankaissa käytetään muun muassa luonnonkuiduista puuvillaa, pellavaa, juuttia ja villaa sekä keinotekoisista kuiduista viskoosia, modaalia ja revinäissellua. Puupohjaisista kuiduista valmistettuja kuitukangastuotteita käytetään ilman ja nesteen suodattimissa, lääketieteellisissä sovelluksissa ja hygienia tuotteissa. Edellä mainituissa käyttökohteissa kuitujen tärkeimpiä ominaisuuksia ovat kuitujen pituus ja muoto, jotka vaikuttavat kuitukanan valmistusmenetelmään.

Johtopäätöksinä voidaan todeta, että uusiutuvia kuituja käytetään jo tällä hetkellä erittäin laajasti ja uusiutuvien kuitujen määrä on selvästi kasvussa. Esimerkiksi kertakäyttöisissä kuitukangastuotteissa uusiutuvilla kuiduilla on selkeästi varaa kasvattaa osuuttaan raaka-aineena, kun kertakäyttöisiä muoveja koskevat direktiivit tulevat voimaan. Kuituraaka-aineen lähteitä löytyy monipuolisesti keinotekoisista sekä luonnonkuiduista, vaikka luonnonkuitujen käyttöä vähentää kuitujen erotteluprosessien hitaus ja työläys sekä kuiduissa olevat epäpuhtaudet. Uusiutuvia kuituja kehitetään jatkuvasti lisää, ja kuitujen muokkaaminen uusiin käyttökohteisiin on myös mahdollista esimerkiksi kemiallisten käsittelyiden kautta.

---

Asiasanat: uusiutuvat kuidut, kuitukankaat

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Bioproduct and Process Engineering

OKSANEN, AKI:

Mapping of the Usability of Renewable Fibres in Nonwoven Textiles

Bachelor's thesis 37 pages, appendices 0 pages  
November 2021

---

The thesis is a literature review on the usability of renewable fibers in nonwovens. The purpose of the thesis was to map the renewable fibers used in nonwovens, to find out what kind of technical properties are required for wood-based fibers in nonwoven applications, and to consider how fibers are utilized or could be utilized in nonwovens in the future. The aim of the thesis was to provide Tampere University of Applied Sciences with an overview of renewable fibers used in nonwovens.

Nonwovens are planar textile materials made from fibres in which the fibres are bonded together by chemical, mechanical, or thermal means, and combinations of these methods. Nonwovens use a lot of synthetic fibres, but the share of renewable fibres is growing. At present, nonwovens use natural fibres such as cotton, flax, jute and wool, and man-made fibres such as viscose, modal and fluff pulp. Nonwoven fabric products made from wood-based fibres are used in air and liquid filters, medical applications, and hygiene products. In the applications, the most important properties of the fibres are the length and shape of the fibres, which influence the chosen method of nonwoven manufacturing.

In conclusion, the use of renewable fibres is already very widespread, and the number of renewable fibres is clearly increasing. For example, in disposable nonwovens, renewable fibres clearly have room to increase their share as a raw material when the directives on disposable plastics are put into practice. Sources of fibrous raw material can be found in a variety of artificial as well as natural fibres, although the use of natural fibres is reduced by the slowness and laborious nature of the fibre separation processes and the impurities in the fibres. Renewable fibres are constantly being developed, and it is also possible to adapt the fibres to new applications, for example through chemical treatments.

---

Key words: renewable fibers, nonwovens

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	KUITUKANGAS .....	7
	2.1 Yleistä kuitukankaista.....	7
	2.2 Kuiturainan muodostus .....	7
	2.3 Kuiturainan sidonta .....	10
	2.4 Kuiturainan viimeistys .....	12
3	UUSIUTUVAT KUIDUT.....	13
	3.1 Uusiutuvien kuitujen historia, nykyhetki ja tulevaisuus .....	13
	3.2 Luonnon kuidut.....	14
	3.2.1 Puuvilla.....	15
	3.2.2 Juutti.....	15
	3.2.3 Hamppu.....	16
	3.2.4 Pellava.....	16
	3.2.5 Villa.....	16
	3.2.6 Silkki .....	17
	3.2.7 Olki .....	17
	3.2.8 Kuiturami .....	18
	3.2.9 Sisalagaave .....	18
	3.2.10Kookos .....	19
	3.2.11Banaani.....	19
	3.2.12Ananas.....	19
	3.2.13Lootus .....	20
	3.2.14Kapokki .....	20
	3.2.15Untuva ja höyhen .....	21
	3.3 Keinotekoiset kuidut.....	21
	3.3.1 Viskoosi .....	22
	3.3.2 Modaali.....	22
	3.3.3 Lyocell .....	23
	3.3.4 Kupro.....	23
	3.3.5 Selluloosa-asetaatti .....	24
	3.3.6 Revinnäissellu .....	24
	3.3.7 Alginaatti.....	25
	3.3.8 Lasikuitu .....	25
	3.3.9 Hiilikuitu .....	26
	3.3.10Nano .....	26

4	KUITUKANGASSOVELLUSTEN	TEKNISET	VAATIMUKSET	
	PUUPOHJAISILLE KUIDUILLE .....			27
4.1	Suodattimet.....			27
4.2	Lääketieteelliset sovellukset.....			28
4.3	Kertakäyttöiset hygieniatuotteet .....			29
4.4	Akkujen ja kapasitaattorien erotus .....			29
5	POHDINTA .....			31
	LÄHTEET .....			34

## 1 JOHDANTO

Kuitukankaat ovat todella monipuolisia materiaaleja, joita käytetään paljon ihmisten arjessa sekä teollisuuskohteissa esimerkiksi suodattimina ja erilaisina pyyhkeinä. Teollisuuden alana kuitukankaiden valmistus on nopeasti kasvava Suomessa sekä maailmanlaajuisesti.

Kuitukankailla on paljon erilaisia vaihtoehtoja raaka-aine materiaaleiksi synteettisistä muovikuiduista uusiutuviin luonnonkuituihin. Tällä hetkellä synteettisiä kuituja käytetään huomattavasti eniten, mutta lisääntyvä ympäristötietoisuus ja ilmastomuutosta vaikutusten pienentäminen ovat lisänneet uusiutuvien kuitulähteiden kysyntää.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kartoittaa kuinka paljon ja minkälaisia uusiutuvia kuituja käytetään kuitukankaissa sekä käydään läpi kuitukankaiden valmistusmenetelmät. Lisäksi tutkitaan mitä puupohjaisten kuitujen ominaisuuksia ja laatuparametrejä kuitukankaiden valmistuksessa käytetään. Lopuksi pohditaan kuinka uusiutuvat kuidut soveltuvat kuitukankaisiin.

## 2 KUITUKANGAS

### 2.1 Yleistä kuitukankaista

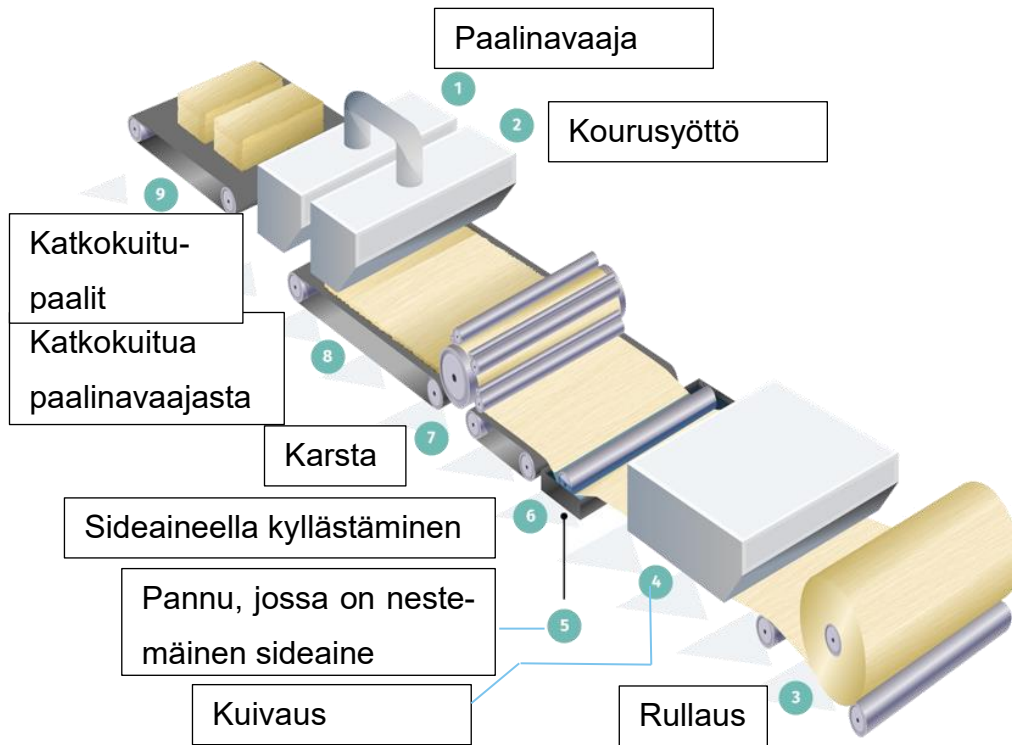
Kuitukangas määritellään tasomaiseksi kuiduista valmistetuksi tekstiiliksi, jossa kuituja on sidottu toisiinsa kemiallisilla, mekaanisilla tai lämmön avulla tai näiden menetelmien yhdistelmällä poissulkien kuitujen kudonta, neulaus ja paperin valmistus. Kuitukangas on myös erikseen määritelty ISO 9092 ja CEN EN 29092 standardeihin, joita päivitetään säännöllisesti asiantuntijoiden toimesta. Kuitukankaat ovat monikäyttöisiä ja kuitukankaita voidaan valmistaa ohuiksi ja kevyiksi tai vahvoiksi ja todella kestäviksi riippuen valmistustavasta, raaka-aineista, muodostus- ja liimaustavoista sekä viimeistyskäsittelyistä, kuten kohokuviointi, laminointi ja painatus. (What are nonwovens? n.d.)

Kuitukankailla on paljon erilaisia loppukäyttökohteita, jotka vaihtelevat kuluttaja- ja teollisuussovelluksissa. Kuluttajasovelluksia ovat esimerkiksi hygieniatuotteet ja vaatteet, kun taas teollisuudessa kuitukankaita käytetään teollisuuspyyhkeissä ja ilman tai nesteen suodattimissa. (Nonwovens in daily life - Versatile products for modern life n.d.)

### 2.2 Kuiturainan muodostus

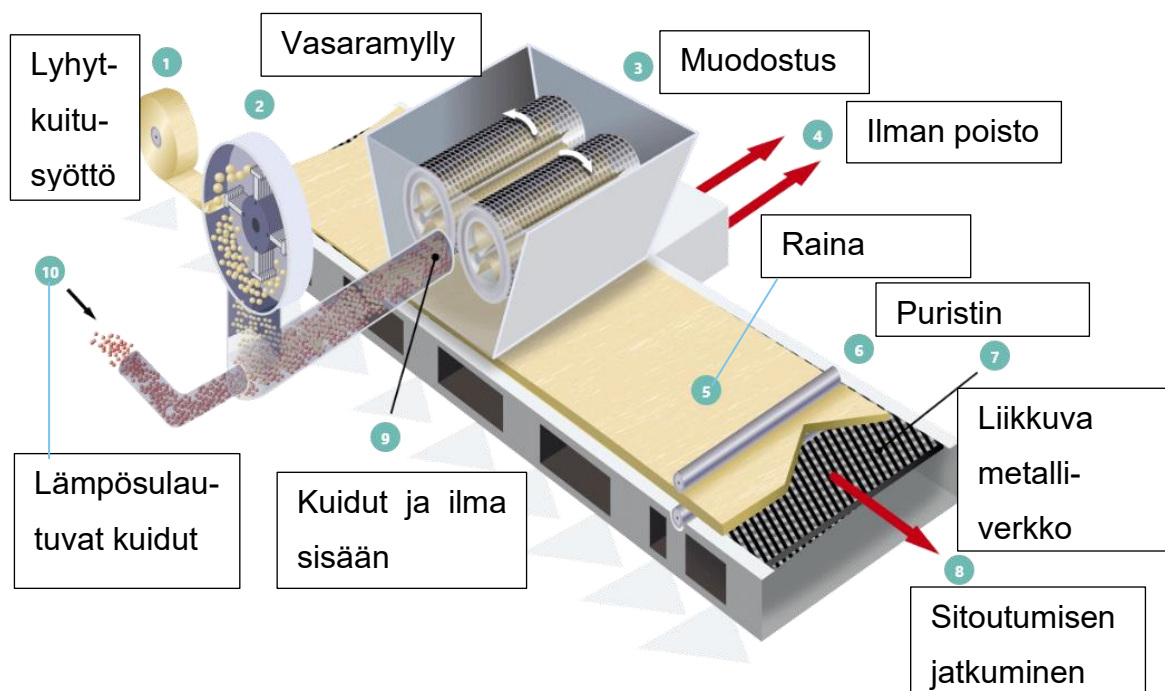
Kuitukankaan valmistuksen alussa kuiduista muodostetaan arkki tai raina ja käytetyt kuidut voivat olla katkokuituja tai filamentteja, jotka on suulakepuristettu sulatetuista polymeerirakeista. Rainan muodostus voidaan jakaa kuiva-, märkä- ja kehrumenetelmiin sekä uudempaan Melt-blown-menetelmään. (How are nonwovens made? n.d.)

Kuivamenetelmiä ovat karstausta ja airlaying. Karstauksessa kuituja erotellaan karstausspiikeillä, joka luo kankaaseen paremman lujuusominaisuuden pituusuntaan kuitujen yhdensuuntaisuuden vuoksi. Karstausta käytetään yleensä pitkistä kuiduista valmistettaviin kankaisiin. Karstaustapa on esitetty kuvassa 1. (How are nonwovens made? n.d.)



KUVA 1. Karstausten menetelmä (How are nonwovens made? n.d., muokattu)

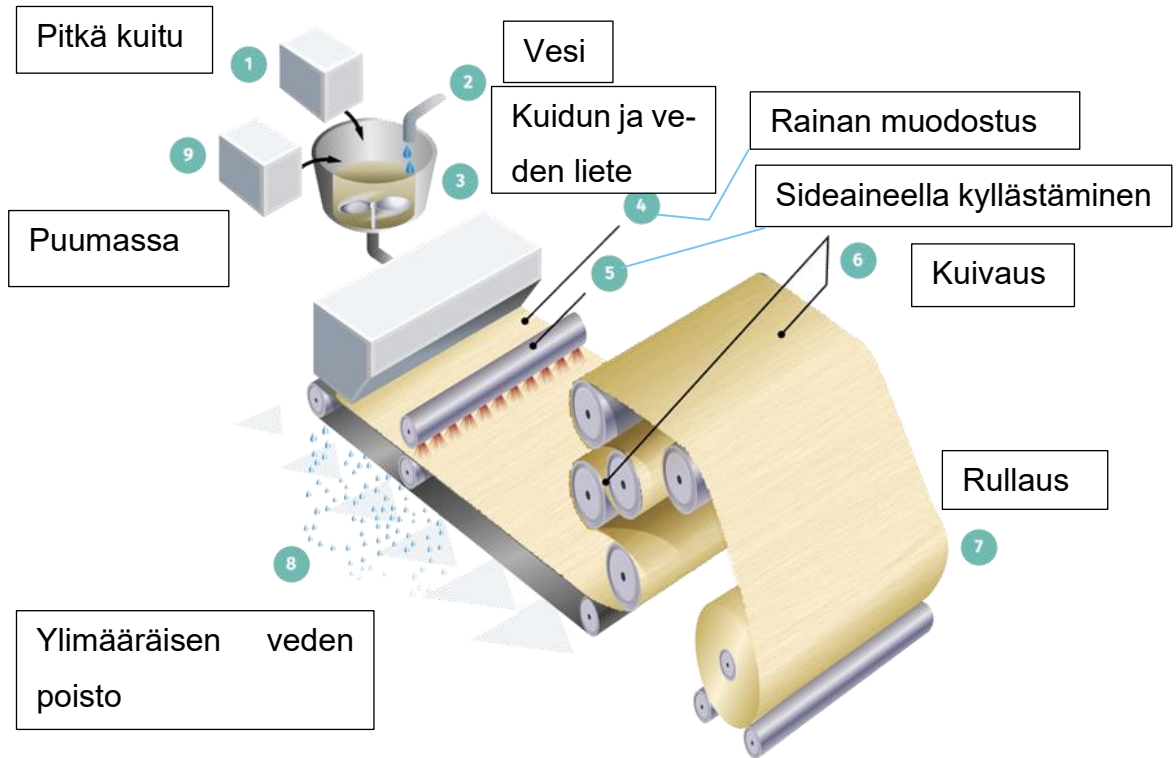
Airlayingissa kuituja ei järjestetä yhdensuuntaisesti, vaan kuidut ovat satunnaisesti järjestäytyneitä ilmavirran vaikutuksesta ja kankaan lujuusominaisuudet ovat tasaiset pituus- ja leveysuunnassa. Airlaying-menetelmä on esitetty kuvassa 2. (How are nonwovens made? n.d.)



KUVA 2. Airlaying-menetelmä (How are nonwovens made? n.d., muokattu)

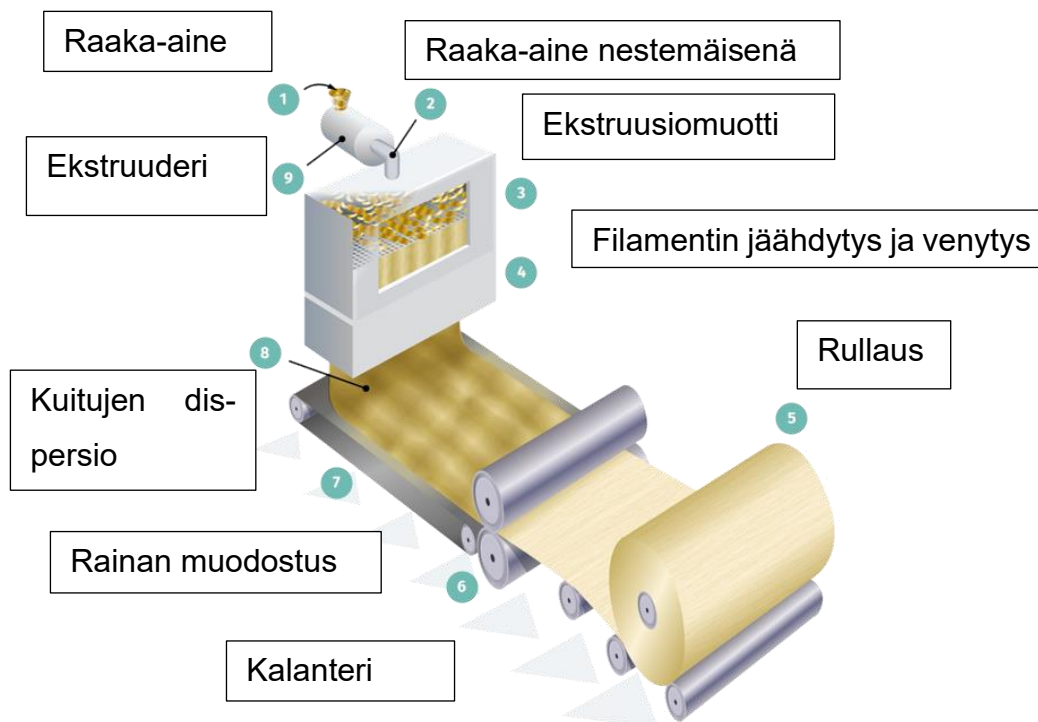


Märkämenetelmä perustuu kuitujen sekoittaminen nesteeseen, joka suodatetaan matoksi viiran päälle. Vettä poistetaan puristamalla rainaa teloilla ja lopuksi raina kuivatetaan. Kuitujen ollessa satunnaisesti lujuusominaisuudet ovat tasaiset. Märkämenetelmä on esitetty kuvassa 3. (How are nonwovens made? n.d.)



KUVA 3. Märkämenetelmä (How are nonwovens made? n.d., muokattu)

Kehruumenetelmän toiminnassa muodostetaan filamenttikuituja syöttämällä polymeeripellettejä ekstruuderin ja kehruusulakkeiden läpi. Tässä menetelmässä kuidut saadaan kiinnittymään toisiinsa tiukasti, kun sulanut polymeerimassa jäähtyy. Kehruumenetelmällä voidaan säätää kuitujen järjestäytymistä ilmavirralla, sähköisillä varauksilla, kehruusulakkeella ja liikkuvan nauhan nopeudella. Kehruumenetelmä on esitetty kuvassa 4. (How are nonwovens made? n.d.)

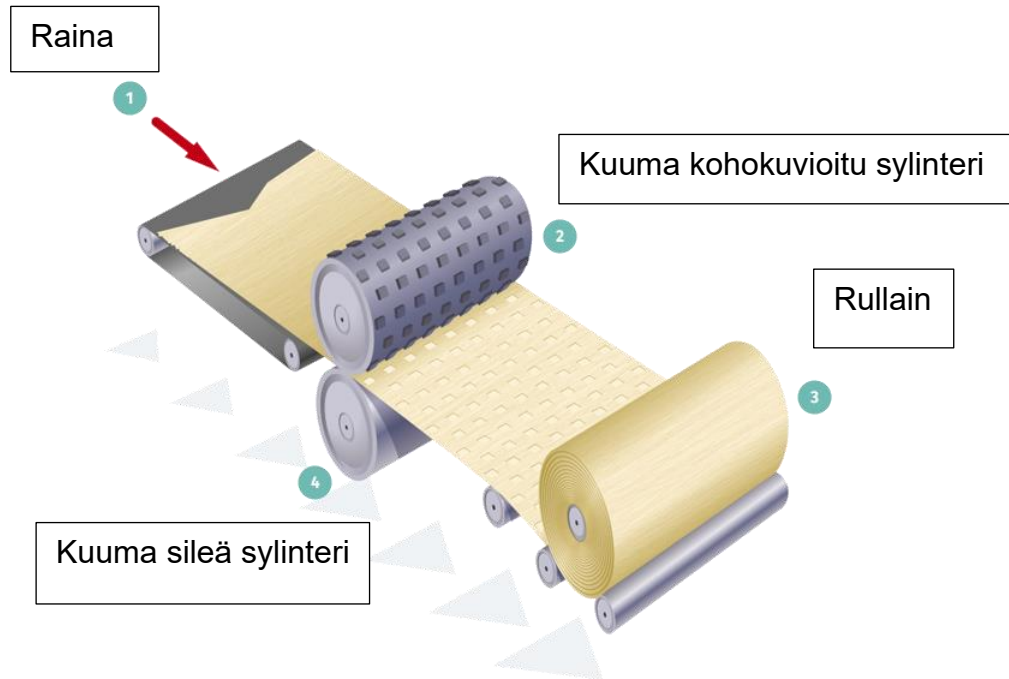


KUVA 4. Kehruumenetelmä (How are nonwovens made? n.d., muokattu)

Melt-blown-menetelmässä käytetään myös matalan viskoottisuuden polymeerejä, mutta polymeerimassa puserretaan suuttimien läpi kuumaan ilmavirtaan, jolloin syntyy todella ohut raina. (How are nonwovens made? n.d.)

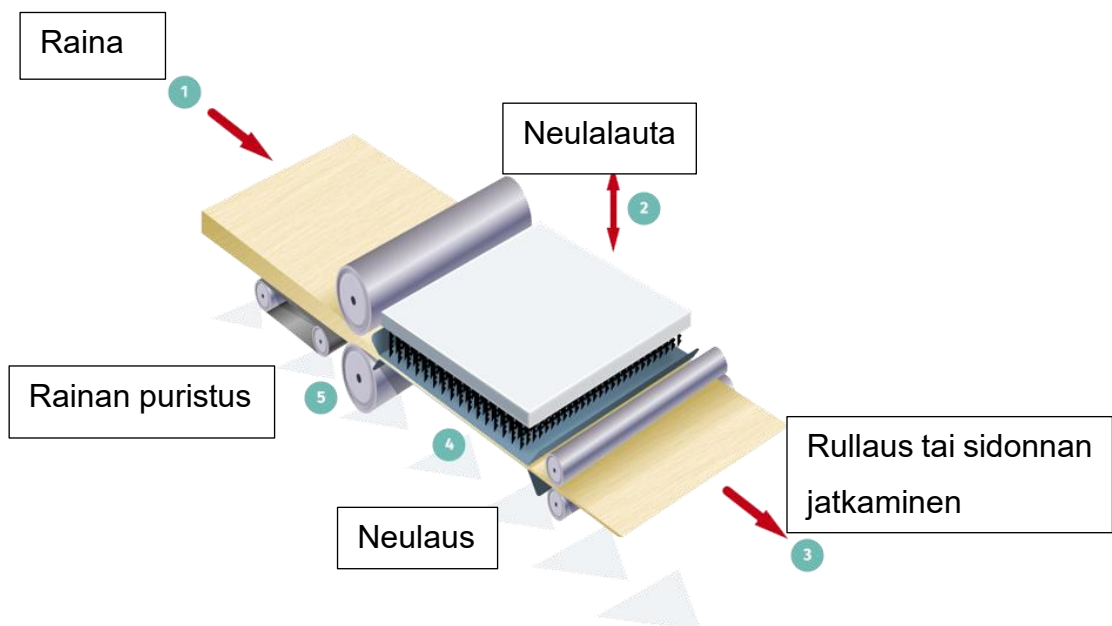
### 2.3 Kuiturainan sidonta

Kuiturainan sidonnassa on käytössä kolme eri menetelmää, jotka ovat lämpösidonta, mekaaninen sidonta ja kemiallinen sidonta. Lämpösidonnassa rainaa voidaan lämmittää kalanteroimalla, ilman läpivirtauksella, rumpu- ja peittojärjestelmällä tai ultraääniliitoksella. Rainan lämmitys saa jotkut synteettiset kuidut muodostamaan sidoksia, jotka lisäävät rainan lujuutta. Lämpösidonta on esitetty kuvassa 5. (How are nonwovens made? n.d.)



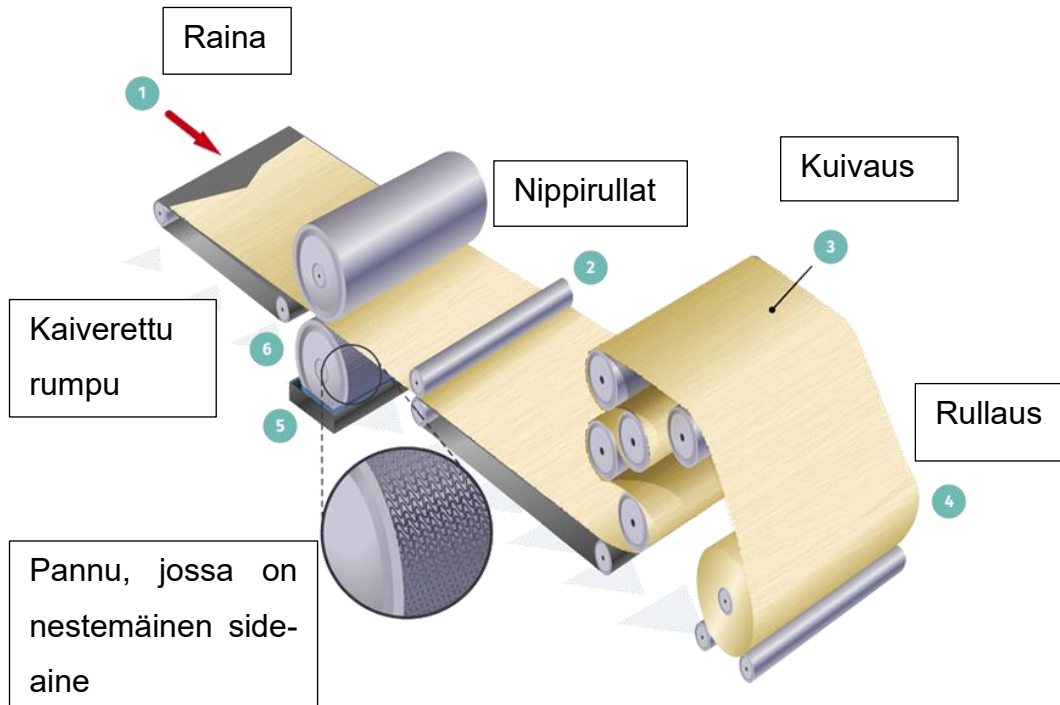
KUVA 5. Lämpösidonta (How are nonwovens made? n.d., muokattu)

Mekaanisessa sidonnassa on kaksi eri tapaa sitoa kuituja. Neulasidonnassa raina lävistetään neuloilla, joiden väkäset repivät kuituja ja sitovat rainaa. Vesitoutuminen eli spunlace on menetelmä, jossa korkean paineen vesisuihkuilla saadaan kuidut lomittain rainassa. Neulasidonta on esitetty kuvassa 6. (How are nonwovens made? n.d.)



KUVA 6. Neulasidonta (How are nonwovens made? n.d., muokattu)

Kemiallisessa sidonnassa rainan kuidut saadaan sitoutumaan lisäämällä neste-  
pohjaista sidosainetta. Sidosaime voidaan lisätä päällystämällä, suihkuttamalla,  
kyllästämällä tai lisäämällä ajoittain. Kemiallinen sidonta on esitetty kuvassa 7.  
(How are nonwovens made? n.d.)



KUVA 7. Kemiallinen sidonta (How are nonwovens made? n.d., muokattu)

## 2.4 Kuiturainan viimeistys

Viimeistyskäsittelyjä voidaan tehdä mekaanisesti esimerkiksi puristamalla, venyt-  
tämällä tai rei'ittämällä rainaa. Myös kemiallinen viimeistely on mahdollinen,  
missä kuitujen ja kuitukankaiden pintaa muokataan haptisuuden ja hylkivyyden  
muuttamiseksi. (How are nonwovens made? n.d.)

Viimeistyskäsittelyillä kuitukankaisiin voidaan lisätä useita ominaisuuksia, kuten  
johtavuutta, veden hylkimistä, huokoisuutta, antistaattisuutta tai palonestoisuutta.  
Lisäksi kuitukankaat voidaan esimerkiksi päällystää, painattaa tai värjätä. Lo-  
puksi isot kuitukangas rullat konvertoidaan pienemmiksi asiakasrulliksi leikkaa-  
malla, taittamalla, ompelemalla tai kuumasaumauksella. (How are nonwovens  
made? n.d.)

### 3 UUSIUTUVAT KUIDUT

#### 3.1 Uusiutuvien kuitujen historia, nykyhetki ja tulevaisuus

Uusiutuvat kuidut olivat tärkeässä roolissa kuitukankaiden historiassa. Uusiutuvien kuitujen käyttö voidaan jakaa kolmeen tarpeeseen. Ensimmäisenä oli tarve käyttää uudelleen jo etenkin villasta valmistettuja tekstiilejä, joista saataisiin taloudellisesti kannattavia kilpailevia vaatteita ja muita tekstiileitä. Tämän tarpeen myötä kehitettiin kuitujen uudelleenkäsittelyteknologian kehittymiseen. (Batra & Pourdeyhimi 2012)

Toinen tarve oli saada langan tekoon tai huovuttamiseen sopimatonta karkeaa karvaa ja kasvisten karkeita kuituja käytettyä taloudellisesti kannattaviin tuotteisiin. Tämän tarpeen mukana kehitettiin neulaussidonta, jotta kuidut saatiin sidottua. (Batra & Pourdeyhimi 2012)

Kolmas tarve oli hyödyntää kuituteollisuudesta syntyvää kuitujätettä tai esimerkiksi sellun valmistuksesta syntyviä kuituja, joista ei voitu tehdä lankaa. Tämän tarpeen pohjalta kehitettiin rainanmuodostusta ja sidosaineiden käyttöä rainanmuodostuksen yhteydessä, jotta rainaan saatiin vaadittavaa lujuutta. (Batra & Pourdeyhimi 2012)

Tällä hetkellä kuitukankaiden valmistuksessa suurin osa kuiduista ovat synteettisesti valmistettuja. Uusiutuvien kuitujen osuus on noin kolmasosa, josta sellua ja kierrätettyä polyesteriä käytetään eniten. Luonnonkuitujen osuus on vain muutama prosentti käytetyistä kuiduista. (Sustainability report 2019, 16–17)

Suomessa uusiutuvia kuituja käytetään kuitenkin enemmän. Esimerkiksi Suominen Oy käyttää uusiutuvia raaka-aineita 54 %, josta suurin osa on selluloosakuituja (Suominen n.d.). Toinen esimerkki on Ahlstrom-Munksjö, joka käyttää 95 % uusiutuvia puupohjaisia kuituja (Annual report 2020, 24).

Uusiutuvien kuitujen määrään ennustetaan kasvavan tulevaisuudessa ja etenkin luonnonkuitujen, kuten puuvilla, viskoosi ja pellava osuuden arvioidaan kasvavan

nopeasti seuraavan vuosikymmenen aikana. Kasvua vauhdittavat etenkin kolme isoa tekijää: muovia koskevat lainsäädännöt, kuluttajien halu ostaa uusiutuvista materiaaleista valmistettuja tuotteita ja yritysten asettamat kestävän kehityksen tavoitteet. (McIntyre 2021)

Muovia koskevista lainsäädännöistä esimerkiksi EU:n direktiivi kertakäyttöisistä muoveista saa yritykset käyttämään uusiutuvia kuituja enemmän. Etenkin pyyhkeiden ja naisten hygieniatuotteiden kuitu raaka-aine valinnoissa yritykset vaihtavat uusiutuviin kuituihin. (McIntyre 2021)

Kuluttajat ovat selvästi valveutuneempia ympäristöongelmista ja vaativat kestäviä ja ekologisia ratkaisuja tuotteisiin. Tämä lisää etenkin kierrätettävien kuitumateriaalien käyttöä kuitukangastuotteissa. Lisäksi kuluttajat haluavat käyttää enemmän luonnollisia tuotteita vedoten esimerkiksi luonnonkuitujen turvallisuuteen ja halusta käyttää luonnollisia materiaaleja ihon kanssa kosketuksissa olevissa tuotteissa, kuten vauvojen vaipoissa. (McIntyre 2021)

Lopuksi yksi suurimmista tekijöistä uusiutuvien kuitujen käytön lisääntymiseen on myös yritysten raaka-aineen valintaperusteiden muuttuminen pelkästä kustannustehokkaasta ajattelumallista ottamaan huomioon kestävästä kehitystä entistä merkittävämmiin. Yritykset haluavat raaka-aineiden olevan kestäviä valintoja luonnossa sekä koko valmistusketjun kaikissa vaiheissa. (McIntyre 2021)

### **3.2 Luonnon kuidut**

Luonnon kuidut olivat ensimmäiset kuidut, jotka olivat käytössä kuitukankaissa. Luonnon kuidut ovat epätasaisia ja epähomogeenisiä rakenteiltaan, joka vaikuttaa kuidun valintaan huomattavasti. Lisäksi luonnon kuiduista löytyy epäpuhtauksia, joiden poistaminen on hankalaa. (Kellie 2016, 19)

Luonnon kuituja saadaan useista lähteistä, esimerkiksi kasvikuituja ja eläinperäisiä kuituja saadaan luonnollisen kasvun tai ihmisten viljelyn mukana. Luonnon kuituja ovat esimerkiksi puuvilla, juutti, pellava, villa ja silkki. (Kellie 2016, 19–21)

### 3.2.1 Puuvilla

Puuvilla on luonnonkuiduista käytetyin kuitumateriaali kuitukankaissa ja puuvillaa voidaan käyttää raakana ilman käsittelyä tai kemiallisen käsittelyn jälkeen. Raavan puuvillan kuitujen ympärillä olevat rasva ja vaha saavat kuiduista hydrofobisia, jolloin lopputuotteita voidaan käyttää esimerkiksi öljyn imeytymiseen. Suurin osa puuvillasta kuitenkin käsitellään kemiallisesti, jossa kuidut valkaistaan ja vaha kerros poistetaan. Käsitellyt kuidut ovat puhtaampia ja kuiduista tulee hydrofiilisiä. Käsitelystä puuvillasta tehtyjä kuitukankaita käytetään monissa tuotteissa esimerkiksi pyyhkeissä ja hygieniatuotteissa. (Cotton incorporated n.d.)

Puuvillan kuidut ovat imukykyisiä, hengittäviä, kestäviä märkänä ja kuivana, biohajoavia, hyvä kuivauskyky, helposti steriloitavia, painettavia, värjättäviä, kemiallisesti muokattavia, uusiutuvia luonnonvaroja ja alhaisen staattisen potentiaalin omaavia. Puuvillan kuidut soveltuvatkin usean kuitukankaan vaatimuksiin ominaisuuksiltaan teollisuus- ja kuluttajatuotteissa. (Cotton incorporated n.d.)

### 3.2.2 Juutti

Juutti on toiseksi eniten käytetty luonnonkuitu kuitukankaissa. Raaka juutti on huonosti soveltuva raaka-aine kuitukankaisiin, koska juutin kuiduissa ei ole puristusta. Juutti täytyy kemiallisesti käsitellä natriumhydroksidilla, jonka jälkeen kuidut pestään ja käsitellään etikkahapolla. Lopuksi kuidut pestään ja kuivataan ennen käyttöä. Tällä menetelmällä kuituihin saa tarvittavaa puristusta lisää. (Maity ym. 2012.)

Juutin ominaisuuksia ovat korkeat lujuusominaisuudet, jäykkyys, karkeus, biohajoavaisuus, hyvä kosteuden imeytymiskyky, hengittävyys, valkaistavuus, värjätävyyden ja painettavuus. Juuttikuitua pystyy myös käyttämään juuttitehtaiden jätteistä hyödyntämällä lyhyitä juuttikuituja. Juuttikuidusta tehtyjä kuitukankaita käytetään pääasiassa teknisissä sovelluksissa, jotka tarvitsevat monipuolisia toimintoja. Esimerkiksi lattiapäällysteiden kuitukankaat voidaan valmistaa juuttikuidusta. (Maity ym. 2012.)

### 3.2.3 Hamppu

Hampun kuidut erotellaan kasvista ennen käyttöä ja erottelu tapahtuu karstauksella. Kuidut myös puhdistetaan turhista partikkeleista ennen käyttöä. Erottelua toistamalla saadaan aikaan puhtaampi lopputulos kuidun heikkenemisen kustannuksella. (Chen ym. 2007, 28–30)

Hampun kuidut ovat vahvoja, kestäviä, hyvän imeytymiskyvyn omaavia, uusiutuvia luonnonvaroja ja biohajoavia. Hampusta tehtyjä kuitukankaita käytetään autojen sisätilojen osissa ja hampusta on myös valmistettu teepusseja. (Chen ym. 2007, 28–30)

### 3.2.4 Pellava

Pellava on ollut jo pitkään käytössä tekstiiliteollisuudessa ja kuitukankaisiin pellava soveltuu myös hyvin. Pellavan kuidut ovat haudattuna kasvin varren kuoreissa ja erotellaan liottamalla. Ennen käyttöä kuidut myös valkaistaan. (Malty S., Gon D. & Paul, P 2014, 366–368)

Pellavan kuidut ovat uusiutuva luonnonvara, biohajoavia, imukykyisiä, kuivuvat nopeasti, eivät hikoile, ovat antistaattisia ja erittäin vahvoja. Pellavasta valmistettuja kuitukankaita käytetään lämpöeristykseen, suodatukseen ja lääketieteellisissä kertakäyttötuotteissa. Lisäksi syntynyttä pellavajätettä käytetään esimerkiksi eristykseen ja mattojen tukiin. (Malty, Gon & Paul 2014, 366–368)

### 3.2.5 Villa

Villa on tärkein eläinperäinen kuitu kuitukankaissa ja korkean hinnan takia villaa käytetään pistokkaina tai kierrätettynä villana. Lisäksi villan kuitujen laatu vaihtelee todella paljon etenkin kierrätysvillassa, mikä hankaloittaa villan käyttöä. (Kalebek & Babaarslan 2016)



Villan kuidut ovat jäykkiä ja pysyvästi poimutettuja kaksikomponenttikuituja. Kuitujen paksuuden vaihtelu on usein suotuisaa kuitukankaiden valmistukseen. Kaupallisia käyttöjä villan kuiduilla on huovissa ja viime aikoina myös vesisidonnalla valmistetut kevyet vaatesovellukset ovat lisääntyneet. (Kalebek & Babaarslan 2016)

### **3.2.6 Silkki**

Silkkikuituja saadaan silkkiäistoukkien koteloista, joista silkkikuidut erotellaan. Riippuen käyttökohteesta kuituja voi myös leikata lyhyemmäksi ennen käyttöä. Silkkikuidun laatu riippuu silkkiäistoukan kotelon laadusta ja etenkin huonomman laadun koteloiden hinta on alhainen, koska huonommat kotelot ovat usein jätettä. (Subramoniapillai ym. 2021, 1–2)

Silkkikuidut ovat mekaanisesti vahvoja, biohajoavia ja pitkiä. Lisäksi silkkikuiduilla on hyvä öljyn imeytymiskyky ja uudelleenkäytettävyys. Silkkikuidusta valmistettuja kuitukankaita käytetään lääketieteellisissä sovelluksissa, mutta myös hyvät edellytykset toimia öljyn ja veden erottamisessa toisistaan esimerkiksi öljyvuo-doissa. (Subramoniapillai ym. 2021, 1–2)

### **3.2.7 Oiki**

Riisin viljelystä syntyy todella paljon olkea jätteenä, jota ei välttämättä käytetä mihinkään. Oljesta kuidut erotellaan entsyymeillä tai muilla kemiallisilla käsitte-lyillä ja puhdistetaan ennen käyttöä. (Agirgan & Taskin 2020, 979)

Oljesta saadut kuidut ovat hyvin samankaltaisia puuvillan kuitujen kanssa. Yksi ero on kuitenkin ligniinin tuoma heikentynyt veden imukyky, jonka parantamiseksi vaaditaan esikäsitteilyä. Oljella ei ole juurikaan kaupallista käyttöä tällä hetkellä, mutta olkikuidusta valmistetut kuitukankaat sopisivat esimerkiksi autoteollisuu-teen, rakennusten ääni- ja lämmöneristykseen sekä biokomposiittien lujitteena. (Agirgan & Taskin 2020, 979) Suomessa Spinnova on käyttänyt vehnän olkea

tekstiilisovelluksiin. Spinnovan kuituja ei kuitenkaan erotella kemiallisesti vaan mekaanisesti. (Lukkari 2019)

### **3.2.8 Kuiturami**

Kuiturami on nokkoskasvi, jonka kuituja käytetään kuitukankaissa vähän. Kuituramin kuidut ovat jäykkiä ja kuiduissa on huono yhtenäisyys. Lisäksi kuidun monimutkaisen rakenteen takia, kuituramia ei voi käyttää langan kehräykseen. Kuitenkin kuitukankaisiin kuituramin kuidut sopivat, mutta kuituja tarvitsee ensiksi pehmentää kemiallisesti käyttämällä entsyymejä. (Shroff, Karolia & Shah 2015a, 301)

Kuituramin kuidut ovat kestäviä, kevyitä, biohajoavia, ei hankaavia, halpoja ja uusiutuvia luonnossa. Kuituramia voidaan käyttää samoissa loppukäyttökohteissa kuin muitakin kasvipohjaisia kuituja, mutta kaupallista käyttöä kuituramilla ei ole kuitujen esikäsittelyn hankaluuden takia. (Shroff, Karolia & Shah 2015a, 301)

### **3.2.9 Sisalagaave**

Sisalagaaven kuidut valmistetaan puristamalla ja murskaamalla sisalagaaven lehtiä, jonka jälkeen jääneet lehden palat huuhdotaan vedellä. Lopuksi kuidutkin puhdistetaan vedellä ja kuivataan sekä kuidut erotellaan toisistaan. Lisäksi kuiduista voidaan poistaa solukudoksia ja kumimaisia aineita, jotka helpottavat kuitujen erottelua. (Sisal fibre: The natural option, 2014)

Sisalagaaven kuidut ovat kestäviä, vahvoja, karkeita, venyviä, kestävät suolavettä ja ovat helposti värjättäviä. Sisalagaaven kuiduista tehtyjä kuitukankaita käytetään pääasiassa vahvistavana aineena komposiiteissa, jotka korvaavat asbestia ja lasikuitua. (Sisal fibre: The natural option, 2014)

### **3.2.10 Kookos**

Kookoskuidut löytyvät kookospähkinän kuoren sisältä. Jotta kookoskuituja voi käyttää kuoria liotetaan vedessä ja kuidut erotellaan mekaanisella rasituksella. Lopuksi kuidut kuivataan ja puhdistetaan. (Coir- Coconut Fibre 2006)

Kookoskuidut ovat kosteuden ja veden kestäviä, vahvoja, huonosti lämpöä johtavia, muotonsa pitäviä, uusiutuvia luonnonvaroja ja biohajoavia. Kookoskuidut ovat hieman erilaisia riippuen kookospähkinän kypsyystasosta ennen liottamista. Raa'an kookoksen kuidut ovat heikompia ja pehmeämpiä verrattuna täysin kypsän kookoksen kuituihin. Kookoskuiduista valmistettuja kuitukankaita voi käyttää lämpöeristyksessä, matoissa, patjatyynyissä ja autojen sisätiloissa. (Coir- Coconut Fibre 2006)

### **3.2.11 Banaani**

Banaanin kuidut saadaan banaanin varresta tai rungosta tulevasta jätteestä. Kuidut täytyy pehmittää ennen käyttöä kemiallisesti ja lopuksi kuidut puhdistetaan vedellä. (Shroff, Karolia & Shah 2015b, 524–525)

Banaanin kuidut omaavat erinomaisen sitkeyden, lisääntyneen märkälujouden, hyvän kuivumisen, kiillon ja mikrobien vastustuskyvyn. Banaanin kuiduilla ei ole kaupallista käyttöä, koska banaanin kuidun kerääminen on hankalaa ja kuitujen olemassaolosta ei tiedetä. Lisäksi kuitujen jäykkyys ja epäsäännöllisyys hankaloittavat käyttöä. (Shroff, Karolia & Shah 2015b, 524–525)

### **3.2.12 Ananas**

Ananaskuidut tulevat ananaksen lehdistä, jotka saadaan ananaksen keruun sivuvirtana. Kuidut saadaan käyttöön kuorimalla lehdet ja kuidut neulataan kuitukankaaksi. (Olivio 2015)

Ananaksen kuidut ovat vahvoja vetolujuudeltaan, hienoja, pitkiä, helposti värjät-  
täviä ja biohajoavia. Loppukäyttökohteita löytyy jalkineista, autojen ja lentokonei-  
den sisäosista sekä verhoilusta. Ananaksesta valmistettuja kuitukanakita pide-  
tään ympäristöystävällisempänä vaihtoehtona nahalle. (Olivio 2015)

### **3.2.13 Lootus**

Lootuksen kuituja saadaan vetämällä kuidut irti lootuksen juuresta. Kuituja saa  
myös rikkomalla lootuksen lehtiä. Lotuksen kuidut voidaan myös kehrätä lan-  
gaksi. (Kellie 2016, 30)

Lotuksen kuidut ovat pitkiä, kevyitä ja vahvoja. Lisäksi lootuksesta valmistetut  
kuitukangas materiaalit tuovat lämpöä kylmässä ja viilentävät kuumassa sekä  
omaavat lootuksen ominaisen tuoksun. Lootuksella ei ole kaupallisia käyttökoh-  
teita kuidun erotteluprosessin pitkän keston takia, mutta lootuskuidusta valmiste-  
tut kuitukankaat soveltuvat esimerkiksi biomimeettisiin toiminnallisiin materiaalei-  
hin. (Kellie 2016, 30)

### **3.2.14 Kapokki**

Kapokkikuituja löytyy kapokkipuun siementen ympäriltä ja puun lehtiä tai varsia  
ei tarvita. Kapokin kuituja ei kuitenkaan pysty käyttämään pelkästään kuitujen  
huonon koheesion ja lyhyen kuitualueen takia, vaan kapokki tarvitsee sekoittaa  
esimerkiksi puuvillan kanssa. (Ganesan & Thangavel 2015, 1–2)

Kapokin kuidut ovat lyhyitä, suhteellisen heikkoja ja ei kovin venyviä. Kaupallista  
käyttöäkään ei kapokilla ole, mutta kapokkikuitua käyttävät kuitukankaat voisivat  
toimia ääneneristyksessä kapokin tuoman paksuuden vuoksi. (Ganesan & Than-  
gavel 2015, 1–2)

### 3.2.15 Untuva ja höyhen

Siipikarjan kasvatuksessa suurinta osaa höyhenistä menee jätteeksi, vaikka höyhenet tarjoavat lähteen kuiduille. Höyhenistä saatava kuitu erotellaan kemiallisesti ja puhdistetaan käyttöä varten. Höyhenten kuituja ei yleensä käytetä ainoana raaka-aineena, vaan esimerkiksi synteettisiä kuituja lisätään jonkin verran. (Xiangyu ym. 2013, 89–90)

Höyhenten kuitujen ominaisuudet vaihtelevat paljolti höyheneen koosta ja linnun lajista. Isompien höyhenten kuidut ovat pidempiä, vahvempia ja kovempia verrattuna pienempiin höyheniin. Käyttökohteita höyhenten kuiduille ovat erilaiset sitovat materiaalit metallien poistamiseen jätevedestä tai eristysmateriaalina. (Xiangyu ym. 2013, 89–90)

### 3.3 Keinotekoiset kuidut

Keinotekoiset kuidut ovat ihmisen kehittämiä ja jalostamia kuituja. Keinotekoisten kuitujen hyviä puolia ovat rakenteiden tasaisuus ja puhtaus, mutta heikkouksia löytyy ekologisuudesta. (Kellie 2016, 19)

Tällä hetkellä kuitukankaissa käytetään erittäin paljon keinotekoisia kuituja, koska keinotekoisten kuitujen valmistaminen on erittäin tehokasta ja halpaa (Kellie 2016, 19–21). Suomessa puupohjaisia kuituja on saatavilla paljon ja selluloosasta valmistettavia muuntokuituja, kuten viskoosia käytetään kuitukankaissa paljon. Esimerkiksi suomalainen yritys Spinnova on kehittänyt kuidun, joka erotellaan selluloosasta mekaanisesti ilman haitallisia kemikaaleja. Syntynyt materiaali on kierrätettävä ja voi hyödyntää myös jätevirtoja. (Newfibres n.d.) Toinen esimerkki on suomalainen Infinited Fibre, joka on kehittänyt prosessin tekstiilijätteen kierrätykseen. Prosessissa poistetaan selluloosapohjaista materiaalia lukuun ottamatta kaikki muut materiaalit, kuten nailon ja polyesteri. Infinited Fiberin kuidun raaka-aineeksi sopii esimerkiksi viskoosi, puuvilla tai poistokartonki. (Uusitalo 2021)

### 3.3.1 Viskoosi

Viskoosi on regeneroitu selluloosakuitu ja yksi vanhimmista keinotekoisista kuituista. Viskoosikuidut saadaan mekaanisesti kuiduttamalla kasviselluloosaa ja liuottamalla selluloosaa kemiallisissa yhdisteissä, jossa regeneroidut filamentit muodostavat selluloosaa, joka rikkoo pieniä aukkoja reagenssihauteeseen ja poistavat liuottimen. (Kalebek & Babaarslan 2016)

Viskoosikuitujen hyviä ominaisuuksia ovat bulkkisuus, korkea puhtaus, korkea imukyky, helppo värjätä ja pehmeä materiaali. Viskoosiin voidaan myös sekoittaa paloa hidastavia aineita ennen kehruta tai pinnoitteena. Viskoosia käytetään paljon kuitukankaissa ja käyttökohteita ovat esimerkiksi erilaiset peitot ja verhot sekä kertakäyttöisiä kuitukangastuotteita, kuten teepussit, lääketieteelliset vaatteet ja suodattimet. (Kalebek & Babaarslan 2016)

### 3.3.2 Modaali

Modaalikuidut ovat määritelty ISO 206: 999 standardissa korkean märkämoduulin ja murtolujuuden regeneroidut selluloosakuidut, jotka valmistetaan erityisellä viskoosiraion-menetelmällä. Modaalikuiduissa on myös käytetty regenerointikylpykoostumuksia, jotka mahdollistavat suuremman molekyyliorientaation kuitujen koaguloitumisen ja venytyksen aikana. Modaalikuiduilla on alfaselluloosa pitoisuus, joka kertoo kuidun puhtaudesta. Modaalikuidun alfaselluloosapitoisuus on 95–98 % ja kuitujen puhtautta voi parantaa myös esikypsytyksen jälkeen poistamalla hemiselluloosaa uuttamalla ja lipeän lisähuuhtelulla. (Nousiainen 2021a)

Modaalikuitujen ominaisuuksia ovat pitkä kuidun pituus, korkea märkämoduuli ja murtolujuus. Modaali voidaan hyödyntää kuitukankaissa puuvillan korvikkeena. Loppukäyttökohteita modaalikuiduille ovat esimerkiksi kasvitieteelliset verkot ja auton istuinten kankaat. (Modal: Fibre to Fabric 2010)

### 3.3.3 Lyocell

Lyocell on selluloosapohjainen kuitu, joka valmistetaan liuottamalla selluloosaa amiiniliuottimilla vedessä. Liuotuksen jälkeen selluyhdiste kehrätään ennen kuin syntyneitä filamentteja regeneroidaan uudestaan vedessä. Lopuksi kuidut pestään ja kuivataan sekä leikataan. (Nousiainen 2021b)

Lyocellkuidut ovat vahvoja märkänä ja kuivana, sitkeitä, hyviä imeyttämään kosteutta ja korkea moduuli. Lyocellkuidulla on kuitenkin hyvin tunnettu haittapuoli, koska lyocelliä valmistettaessa syntyy mikrofibrillejä, jotka aiheuttavat laatuongelmia värjättyjen kankaiden pesussa. Toisaalta esimerkiksi suodattimissa kuitujen pinta-ala on todella tärkeää, joten defibrillaatiotaipumus ei ole haitaksi. (Nousiainen 2021b)

### 3.3.4 Kupro

Kuprokuituja valmistetaan selluloosasta liuottamalla selluloosa ammoniakkin ja kuparisuolojen kanssa. Yleensä aktivoitu selluloosamassa liuotetaan kuparihydroksidin ja ammoniumhydroksidin vesiliuoksessa. Ennen linkoamisvaihetta syntynyt yhdiste suodatetaan kiinteiden ja geelityneiden epäpuhtauksien poistamiseksi sekä ilmakuplat poistetaan imun avulla. Kehräyksessä tapahtuu venymistä geelitulassa regenerointikylvyn virtausta kasvattamalla kehruulaitteen kapenevassa osassa. Kehruuvaiheeseen on mahdollista yhdistää useita koagulointi- ja regenerointikylpyjä kehruunopeuksien kasvattamiseksi. Kehrätyt kuidut johdetaan kuparinpoistokylpyyn rikkihappoon ja lopuksi kuituja huuhdellaan useaan otteeseen ja kuivataan. (Nousiainen 2021c)

Kuprokuidut ovat puuvillan kuitujen tapaan hyvin hienojakoisia, kestäviä ja imu-kykyisiä. Kuprokitujen haittapuoli on valmistuksessa syntyvät myrkylliset kuparisulfaatit, jotka on kerättävä kokonaan talteen ja laajamittainen tuotanto on tämän takia hyvin rajoitettua. (Nousiainen 2021c)

### 3.3.5 Selluloosa-asetaatti

Selluloosa-asetaatti on selluloosan, asetaattihapon ja asetaattianhydridin yhdistelmä, jossa rikkihappo toimii katalyyttinä. Kuiduista poistetaan myös happamat epäpuhtaudet vedellä ja lopuksi vesi poistetaan ja kuidut kuivataan. Selluloosa-asetaatti on väritön, hajuton ja myrkytön. (Nousiainen 2021d)

Selluloosa-asetaatti on herkkä kosteudelle, omaa korkean puhtauden, soveltuu ekstruusioon ja on värjättävissä erityisellä värjäysaineella. Kuidut ovat jokseenkin vahvoja, pehmeitä ja kiiltäviä viskoosin kuitujen tapaan. Selluloosa-asetaattia käytetään tyypillisesti esimerkiksi kalvoissa, savukkeiden suodattimissa ja komposiittikankaissa. (Nousiainen 2021d)

### 3.3.6 Revinnäissellu

Revinnäissellu on puhtaista sellukuiduista koostuva biohajoava materiaali, jota saadaan erilaisista havupuista. Havupuiden kuidut soveltuvat revinnäisselluun paremmin kuitujen yhtenäisemmän rakenteen ja kuidun koon tuoman karheuden sekä kyvyn pakkautua tiiviisti. Lisäksi revinnäisselluun lisätään usein ominaisuuksia parantavia modifikaatioita, kuten sidoksenpoistoaineen lisääminen vedyn muodostumisen estämiseksi. Revinnäissellua valmistetaan kuiduttamalla, jossa yleisesti pyörivät vasarat repivät sellua erilleen. Vähitellen massasta muodostuu yksittäisiä kuituja tai kuitukimppuja. Revinnäissellusta raina valmistetaan airlayin-gillä ja raina sidotaan lämmöllä tai kemiallisesti. (Kilegran 2020)

Revinnäissellu on käytännössä usein valkaistua, mutta valkaisu ei ole välttämätöntä. Esimerkiksi Stora Enso tarjoaa markkinaselluna valkaisematonta revinnäissellua, joka sopii airlaid tuotteisiin. Valkaisemattoman revinnäissellun etu on pienempi hiilijalanjälki yhtä hyvällä suorituskyvyllä. (Stora Enso n.d.)



Revinnäissellulle tärkeitä ominaisuuksia ovat bulkki ja veden imeytymiskyky. Revinnäissellusta valmistettuja kuitukankaita käytetään paljon pyyhkeissä, lautasliinoissa, vaipoissa sekä naisten hygieniatuotteissa. Revinnäissellu on hyvä materiaali toimimaan imukykyisenä ytimenä. (Kilegran 2020)

### 3.3.7 Alginaatti

Alginaattia valmistetaan merilevästä algiinihapon ja kaustisen soodan välisellä neutraloinnilla. Kuitujen valmistamisessa merilevä jauhetaan ja käsitellään vesipitoisella natriumkarbonaatilla sekä natriumhydroksidilla. Syntynyt liuos puhdistetaan sedimentoimalla ja valkaistaan sekä steriloidaan natriumhypokloriitilla. Happamoittamalla algiinihappo saostetaan ja voidaan pesemisen jälkeen käyttää uudelleen. Natriumalginaattisuolasta tehdään paksu tahna, kuivataan ja jauheetaan jauheeksi, josta valmistetaan laimea liuos. Liuos suodatetaan ja kehrätään viskoosin tapaan koaguloitihauteeseen. Syntyneet filamentit yhdistetään, pestään, voidellaan, kuivataan ja kelataan puolille tai leikataan. (Nousiainen 2021e)

Alginaattikuituja voidaan venyttää kuitujen orientaation parantamiseksi ja kristalloitumisen lisäämiseksi, mutta verrattuna luonnonkuituihin edellä mainitut ominaisuudet jäävät alhaisemmaksi alginaattikuiduilla. Alginaatista valmistettuja kuitukankaita voidaan käyttää kertakäyttötekstiileissä, kuten haavasidoksissa. (Nousiainen 2021e)

### 3.3.8 Lasikuitu

Lasikuitu on epäorgaaninen epämetallinen keinokuitu. Lasikuidut valmistetaan sulasta lasista vetämällä erittäin ohuita halkaisijaltaan vain usean mikronin mittaisia kuituja. (Kalebek & Babaarslan 2016)

Lasikuiduilla on korkea sitkeys, pieni venymä ja erittäin alhainen tiheys. Lasikuidut saavat suotuisat lujuus- ja moduuliarvot suhteessa lasikuidun painoon. Lasi on itse materiaalina hauras, mutta lasikuidut ovat hyvinkin joustavia ja toimivat kuitukankaissa hyvin. Lasikuiduista valmistetut kuitukankaat sopivat hyvin

lämmön ja äänen eristämiseen, erilaisten nesteiden suodatukseen ja lasikatko-  
kuidut voidaan käyttää esimerkiksi rakennusmateriaalien lujitukseen. (Kalebek &  
Babaarslan 2016)

### **3.3.9 Hiilikuitu**

Hiilikuitujen merkittävyys on kasvanut viime vuosina merkittävästi. Hiilikuituja  
valmistetaan viskoosi- tai polyakrylinitriilikuiduista lämmittämällä 1000–1500°C  
lämpötiloissa. Nostamalla lämpötilan yli 2000°C hiilikuiduista tulee grafiittia. Hiili-  
kuitua ei kuitenkaan käytetä sellaisenaan, vaan hiilikuituja sekoitetaan hartsin  
kanssa ja saadaan aikaan komposiittimateriaali. (Kalebek & Babaarslan 2016)

Hiilikuidulla on korkea sitkeys, korkea kimmokerroin, korkea hauraus, alhainen  
hiipumustaipumus, kemiallisesti inertti käyttäytyminen, alhainen lämpölaajenemi-  
nen ja hyvä sähkönjohtavuus. Hiilikuidusta valmistettuja komposiitteja käytetään  
paljolti lentokoneiden eri osissa, kuten lattioissa ja siivissä. (Kalebek & Babaars-  
lan 2016)

### **3.3.10 Nano**

Nanokuidut luokitellaan halkaisijaltaan välille 1–1000 nm ja kuitukangasteollisuu-  
dessa nanokuitujen halkaisijat ovat yleensä alle 1 µm. Nanokuidut valmistetaan  
pääasiallisesti sähkökehräyksellä, jossa kehräysputken kärki on positiivisessa tai  
negatiivisessa varauksessa. Sähköstaattisen voiman ylittäessä polymeeriliuok-  
sen pintajännityksen, nestettä roiskuu ulos kehrusta ja erittäin hieno ja jatkuva  
filamentti muodostuu. Filamentit kerätään ja keräilijään, jossa on kehruketjun  
vastakkainen varaus ja kuidut kerääntyvät nanokankaaksi. (Kalebek & Babaars-  
lan 2016)

Nanokuiduissa on todella korkea pinta-alan ja painon suhde, ja nanokuidut muo-  
dostavat alhaisen tiheyden ja korkean huokoisuuden omaavia kuitukankaita. Kui-  
tukankaissa nanokuituja käytetään aerosoli suodattimissa, suojavaatetuksissa  
sekä asevoimien kankaissa. (Kalebek & Babaarslan 2016)

## 4 KUITUKANGASSOVELLUSTEN TEKNISET VAATIMUKSET PUUPOHJAI-SILLE KUIDUILLE

### 4.1 Suodattimet

Kuitukankaista tehdyt suodattimet ovat yksi neljästä tärkeimmistä suodattimien materiaaleista kalvojen, paperin ja perinteisten kankaiden lisäksi. Kuitukangassuodattimet tarjoavat paremman läpäisevyyden, suuremman spesifisen pinta-alan ja pienemmät huokokset sekä paremman hallinnan huokosten jakaumasta. Lisäksi kuitukangassuodattimilla on parempi suodattamisen tehokkuus ja alhaisempi energian kulutus verrattuna perinteisiin kankaisiin. Usein suodattimissa yhdistetään kuitukangasta ja kalvoa, jolla saadaan paras suorituskyky tietyissä sovelluksissa. (Kellie 2016, 273)

Kuitukangassuodattimet ovat käytössä ilman, kaasun ja nesteiden suodattamisessa. Suodattimien käyttökohteita ovat esimerkiksi lämmityslaitteissa, ilmastoinnissa, voimalaitoksissa ja veren suodattamisessa lääketieteellisissä sovelluksissa. (Kellie 2016, 273)

Kuiduissa tärkeitä ominaisuuksia suodatusmateriaalina toimimiseen ovat kuidun koko ja pituus, geometria, muoto, pinnan funktionalisuus, vetolujuus, venyminen, murtolujuus, repäisyjujuus, kemiallinen kestävyys, vanhenemis- ja hajoamiskestävyys, hydrofiilisyyt, öljyfobisuus ja irtoamisvaikutukset. Kuitujen pituudella on suurin vaikutus valmistusmenetelmään. Esimerkiksi märkämenetelmässä kuitujen tarvitsee olla 0,3–12 mm, airlayingissä 1–6 mm ja karstauksessa 30–120 mm pitkiä. Jos suodattimen tarvitsee välttää kuitujen irtoamista, ei lyhyitä katkokuituja voida välttämättä käyttää, vaan käytetään yhtenäisiä pitkiä filamentteja. Kuitujen koko ja geometria vaikuttaa kuitukankaan huokosten kokoon ja määräävät suoraan suodattimen tehokkuuden ja paineen laskun. Kuitujen suurempi lineaarinen tiheys ja ympyrämäinen poikkileikkaus saavat aikaan suuremman huokoisuuden ja läpäisevyyden, mutta saattavat kärsiä heikommasta tehokkuudesta ja partikkelien sieppauskyvystä. Hienojakoisemmat ja poikkileikkaukseltaan epäsäännölliset

liset kuidut omaavat suuremman pinta-alan, joka tuo vaikuttaa suodattimen läpäisevyyteen, pölyn sieppaukseen ja pölyhiukkasten sitoutumiskykyyn. (Kellie 2016, 275)

Puumassakuidut ja viskoosikuidut hallitsevat märkämenetelmällä valmistettuja suodattimia ja kuitujen pituudet vaihtelevat 1–12 mm välillä sekä kuitujen muotoja on useita erilaisia, kuten pyöreä, litteä ja uritettu, c-muoto ja v-muoto. Puumasakuiduilla saavutetaan korkea suodattamistehokkuus ja viskoosikuiduilla on parempi lämpöstabiilisuus verrattuna synteettisiin kuituihin. Selluloosaesterikuituja on käytetty pitkään tupakan filttäreissä, koska selluloosaesterikuiduilla saadaan erinomainen märkähajoavuus ja hyvät savustusominaisuudet. Lyocellkuidut ovat usein hyvin pieniä halkaisijoiltaan ja saattavat sopia hyvin mikro- ja nanoskaalan kuitusovelluksiin. Yleisesti selluloosakuitujen hydrofobisuus on haluttu ominaisuus suodattimissa. (Kellie 2016, 275–277)

## **4.2 Lääketieteelliset sovellukset**

Lääketieteellisissä sovelluksissa kuitukankaat erottuvat edukseen lyhyemmällä tuotantocykleillä, korkeammalla imukyvyllä ja joustamisella, paremmalla läpäisevyydellä ja alhaisemmilla tuotantokustannuksilla. Puupohjaisia kuituja käytetään muun muassa sideharsoihin, kirurgisiin takkeihin ja teippilaastareihin. (Kellie 2016, 227)

Teippilaastareissa viskoosista valmistettua kuitukangasta valmistetaan neulauksella bulkin sekä kuidun ja ilman rakenteellisen suhteen ylläpidon vuoksi. Teippilaastareissa tärkeää on helppo käsittely ja pehmeys. Teippilaastareiden kuiduilla pituusmassa on yleensä 6–12 dtex ja neulausprosessin takia kuidut eivät saa olla kovin hienojakoisia. (Kellie 2016, 235)

Kirurgisia takkeja valmistetaan yleensä spunlace-menetelmällä tai märkämenetelmällä. Kirurgisissa takeissa lyhyitä puupohjaisia kuituja käytetään usein polyesterin kanssa yhdistettynä. (Kellie 2016, 239–240) Sideharsot valmistetaan pääasiassa viskoosin ja polyesterin sekoituksella, josta viskoosia on 70 % (Kellie 2016, 233).

### 4.3 Kertakäyttöiset hygieniatuotteet

Kuitukankaiden ominaisuuksista korkea bulkki auttaa nesteiden imeytymisessä ja imeytyneenä pysymisessä materiaalin massaan suhteutettuna. Lisäksi kertakäyttöisyys, mukavuus ja valmistuksen helppous tekevät kuitukankaista loistavan valinnan kertakäyttöisiin hygieniatuotteisiin. Hygieniatuotteet valmistetaan useista eri osista, joilla on oma tehtävänsä tuotteessa. Puupohjaisia kuituja käytetään esimerkiksi vaipoissa, naisten hygieniatuotteissa ja inkontinenssituotteissa. (Kellie 2016, 473–474)

Puupohjaisilta kuiduilta vaaditaan erilaisia ominaisuuksia riippuen missä osassa vaippaa kuitua käytetään. Esimerkiksi revinnäissellua käytetään yhdessä superabsorbent-materiaalin kanssa vaipan imukykyisenä ytimenä. Revinnäissellun kuidut pystyvät sitomaan itseensä noin 10-kertaisesti oman painonsa verran nestettä kuitujen välisiin tyhjiöiden kapillaareihin. Kuitujen pituus vaipoissa on noin 2,6 mm. Pintakerroksessa tärkein ominaisuus on kuidun hydrofiilisuus ja tässä kerroksessa on käytetty paljon viskoosia, mutta nykyään viskoosin tilalla käytetään synteettisiä materiaaleja. Naisten hygieniatuotteissa ja aikuisten inkontinenssituotteissa puupohjaisilla kuiduilla on sama käyttökohde, mutta esimerkiksi inkontinenssituotteissa revinnäissellun määrä on 62 % tuotteen rakenteesta verrattuna vaipan 43 %. (Kellie 2016, 479–482, 487)

### 4.4 Akkujen ja kapasitaattorien erotus

Kuitukankaita voidaan myös hyödyntää akkujen ja kapasitaattorien erottimina. Erottimet ovat läpäiseviä kalvoja, jotka mahdollistavat ionisen virtauksen ja estävät elektronisen kosketuksen elektrodien välillä. Erotinkalvojen avulla voidaan valmistaa kompaktimpi akku, koska elektrodien välissä on vain erittäin ohut kalvokerros. (Kellie 2016, 311)

Puupohjaisiakuituja käytettäessä tärkein ominaisuus kuiduissa on pieni kuidun koko, joka voi vaihdella muutamasta nanometristä yli 100 nanometriin. Käyttämällä paljon pieniä kuituja saadaan materiaaliin hyvä huokoisuus, joka mahdollistaa käytön tehokkaammissa sovelluksissa. Selluloosananokuiduilla on myös suuri pinta-ala ja hyvä yhteensopivuus polaaristen orgaanisten liuottimien kanssa, mitkä johtavat poikkeuksellisen korkeisiin märkämääriin. Selluloosapohjaisia kuituja käyttävät muun muassa Dreamweaver International ja Mitsubishi Paper. (Kellie 2016, 314–330)

## 5 POHDINTA

Uusiutuvia kuituja on käytössä kuitukankaissa tällä hetkellä noin kolmasosa kaikista käytetyistä kuituraaka-aineista ja uusiutuvien kuitujen käyttö vaikuttaa olevan kasvavassa trendissä. Uusiutuvia kuituja halutaan käyttää enemmän ympäristöystävällisyyden ja EU:n direktiivien takia. Varsinkin luonnonkuitujen määrän on ennustettu kasvavan seuraavan vuosikymmenen aikana reilusti.

Erilaisia uusiutuvia kuituja on paljon tarjolla niin luonnonkuiduissa, kuin keinotekoisissa kuiduissa. Luonnonkuiduista esimerkiksi puuvilla ja keinotekoisista kuiduista viskoosi ja muut muuntokuidut ovat tärkeässä asemassa uusiutuvien materiaalien käytön kasvussa. Lisäksi luonnonkuiduissa on paljon kiinnostavia kuitulähteitä, kuten banaanin, ananaksen lehtien ja kookospähkinän kuidut. Pääasiassa luonnonkuiduilla on jonkin verran kaupallista käyttöä esimerkiksi eristeinä ja auton sisäosissa, mutta kuitujen erottelun hankaluuden ja hitauden takia moni luonnonkuitu on käytössä vain pienissä testierissä tai käsitöissä.

Keinotekoisista kuiduista viskoosi ja muut selluloosapohjaiset kuidut sekä revinnäissellu ovat hyviä puupohjaisia kuitulähteitä kuitukankaisiin. Varsinkin erilaisissa ilman- ja öljynsuodattimissa sekä kertakäyttöisissä hygieniatuotteissa käytetään paljon puupohjaisia kuituja. Lisäksi merilevästä valmistettavalla alginaattikuiduilla on tärkeä rooli haavasidoksien valmistuksessa.

Kuitukankaissa kuitujen tärkein ominaisuus on kuitujen pituus, joka vaikuttaa oleellisesti kuitukankaan valmistusmenetelmään. Kuitujen pituuden ollessa 0,3–12 mm valmistusmenetelmänä toimii märkämenetelmä, 1–6 mm airlaying ja 30–120 mm karstauksessa. Taulukossa 1 on esitetty eri uusiutuvien kuitujen mitattuja ominaisuuksia.

TAULUKKO 1. Kuitujen ominaisuuksia (Kellie 2016, 22–40)

Kuitu- tyyppi	Pituus (mm)	Halkai- sija ( $\mu\text{m}$ )	Tiheys ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	Sitkeys ( $\text{cN}/\text{dtex}$ )
Puuvilla	23–500	11–22	1,54	2,5–3,0 kuivana ja 2,6–3,2 märkänä
Pellava	9–70	5–40	1,52	5,5
Juutti	2,5	8–30	1,52	5,0
Villa	250– 760	18–44	1,31	0,88–1,50 kuivana ja 0,66–1,43 märkänä
Silkki	15–95	10–15	1,34	4,0
Ananas	3–8	7–18	-	3,06
Kapokki	8–32	20–45	0,3	-
Viskoosi	32–36	12+	1,46–1,54	2,0–2,5 kuivana ja 1,0–1,5 märkänä
Lyocell	0,3–0,4	10	1,5	4,2–4,8 kuivana ja 2,6–3,6 märkänä

Uusiutuvat kuidut ovat käytettävyydeltään hyviä kuitukankaisiin riippuen loppukäyttökohteesta sekä valmistusmenetelmästä ja voivat sopia ilman muokkausta. Myös kuitujen lyhentäminen tai kemiallinen käsittely on mahdollista ja varsinkin luonnonkuiduilla esikäsittely on hyvin yleistä ominaisuuksien parantamiseksi. Lisäksi luonnonkuitujen käytettävyyttä huonontaa kuitujen epäsäännölliset muodot ja epäpuhtaudet, joita tarvitsee poistaa korkealaatuisten tuotteiden valmistamiseksi.



Myös keinotekoisia kuituja voi muokata sopivammaksi, jotta kuituja saadaan hyödynnettyä uusissa käyttökohteissa. Esimerkiksi viskoosista valmistettu kuitukangas värjättiin ruskeaksi, liotettiin  $\text{KNO}_3$ -yhdisteessä ja päällysteettiin PLA yhdisteellä, jolloin viskoosipohjaisesta kuitukankaasta saatiin valmistettua multaamis- materiaali viljelykasveille optimaalisilla lämpö- ja vesiolosuhteilla. (Gabryś, Fryczkowska, Grzybowska-Pietras & Biniaś 2021)

Tulevaisuudessa uusiutuvien kuitujen käyttö tulee lisääntymään, koska erilaiset lait ja direktiivit tiukentuvat esimerkiksi mikro- tai kertakäyttömuovien osalta ja kuluttajat haluavat entistä enemmän ympäristöystävällisiä ratkaisuja. Tältä osin uusiutuvien kuitujen käyttö tulee lisääntymään etenkin kertakäyttöisissä kuitukankaissa, kuten huuhdeltavissa pyyhintäliinoissa.

## LÄHTEET

Agirgan, M. & Taskin, V. 2020. Nonwoven Production from Waste Rice Straw by Using Enzymatic Method. *Journal of Natural Fibers* (17) 7, 979–985, DOI: 10.1080/15440478.2018.1546637

Annual report. 2020. Ahlström-Munksjö. Pdf-dokumentti. Viitattu 23.10.2021. <https://www.ahlstrom-munksjo.com/globalassets/investors/reports-and-presentations/2020/annual-report-2020.pdf>

Batra, S. & Pourdeyhimi, B. 2012. Introduction To Nonwovens Technology. *Textile World*, (162) 3, 29–33. <https://www.textileworld.com/textile-world/nonwovens-technical-textiles/2012/05/introduction-to-nonwovens-technology/>

Chen, Y., Liangfeng, S., Ioan, N., Qinglin, W. & Henderson, G. 2007. Comparative Study of Hemp Fiber for Nonwoven Composites. *Journal of Industrial Hemp* 12:1, 27–45. Viitattu 24.10.2021. Vaatii käyttöoikeuden. [https://doi.org/10.1300/J237v12n01\\_04](https://doi.org/10.1300/J237v12n01_04)

Coir- Coconut Fibre. 2006. Fibre2Fashion. Verkkosivu. Viitattu 24.10.2021. <https://www.fibre2fashion.com/industry-article/586/coir-coconut-fibre>

Cotton incorporated. n.d. Cotton Preparation. Verkkosivu. Viitattu 24.10.2021. <https://www.cottoninc.com/quality-products/nonwovens/cotton-fiber-tech-guide/cotton-preparation/>

Gabryś, T., Fryczkowska, B., Grzybowska-Pietras, J. & Biniaś, D. Modification and Properties of Cellulose Nonwoven Fabric—Multifunctional Mulching Material for Agricultural Applications. *Materials* 2021, 14(15), 4335. <https://doi.org/10.3390/ma14154335>

Ganesan, P. & Thangavel, K. 2015. Development of acoustic nonwoven materials from kapok and milkweed fibres. *The Journal of The Textile Institute*, 107, 1–6. Viitattu 24.10.2021. DOI: 10.1080/00405000.2015.1045251.

How are nonwovens made? n.d. Edana. Verkkosivu. Viitattu 21.10.2021. <https://www.edana.org/nw-related-industry/how-are-nonwovens-made>

Kalebek, N. & Babaarslan, O. 2016. Fiber Selection for the Production of Nonwovens. *Non-woven Fabrics*. DOI: 10.5772/61977

Kellie, G. 2016. *Advances in Technical Nonwovens*. Duxford, UK: Woodhead Publishing.

Kilegran, L. 2020. Method development for producing napkins and femcare absorbent cores by using an airlaid former. *Kemian tiede ja tekniikka*. Kuninkaallinen teknillinen korkeakoulu. Diplomityö.

- Lukkari, J. 2019. Spinnova ja Fortum esittelivät vehnän oljesta tehtyjä vaatteita – ”avaa valtavia näkymiä”. Tekniikka & Talous 16.10.2019. Viitattu 16.11.2021. Vaatii käyttöoikeuden. <https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/spinnova-ja-fortum-esittelivat-vehnan-oljesta-tehtyja-vaatteita-avaa-valtavia-nakymia/300330df-5f09-4884-ae4a-c5201ae466ff>
- Maity, S., Singha, K., Gon, D., Paul, P. & Singha, M. 2012. A Review on Jute Nonwovens: Manufacturing, Properties and Applications. International Journal of Textile Science. 1. 36–43. Viitattu 24.10.2021. DOI: [10.5923/j.textile.20120105.02](https://doi.org/10.5923/j.textile.20120105.02)
- Malty S., Gon D. & Paul, P. 2014. A Review of Flax Nonwovens: Manufacturing, Properties, and Applications. Journal of Natural Fibers, 11:4, 365–390. Viitattu 24.10.2021. Vaatii käyttöoikeuden. DOI: 10.1080/15440478.2013.861781
- McIntyre, K. 2021. Nonwovens go natural. Nonwovens Industry 6.3.2021. Viitattu 24.10.2021. <https://www.nonwovens-industry.com/issues/2021-06-01/view-features/nonwovens-go-natural/>
- Modal: Fibre to Fabric. 2010. Fibre2Fashion. Verkkosivu. 24.10.2021. <https://www.fibre2fashion.com/industry-article/5169/modal-fibre-to-fabric>
- Newfibres. n.d. Spinnovan innovaatio katkoo pullonkauloja. Verkkosivu. Viitattu 16.11.2021. <https://newfibres.fi/spinnovan-innovaatio-katkoo-pullonkauloja/>
- Nonwovens in daily life – Versatile products for modern life. n.d. Edana. Verkkosivu. Viitattu 21.10.2021. <https://www.edana.org/nw-related-industry/nonwovens-in-daily-life>
- Nousiainen, P. 2021a. Production of modal and polynosic fibres. Forest Bio Facts. Viitattu 25.10.2021. Vaatii käyttöoikeuden. <https://forestbiofacts.com/man-made-bio-based-fibre-products/production-of-bio-based-fibres/production-of-viscose-fibres/modal-and-polynosic-fibres/>
- Nousiainen, P. 2021b. Manufacturing of lyocell fibres. Forest Bio Facts. Viitattu 25.10.2021. Vaatii käyttöoikeuden. <https://forestbiofacts.com/man-made-bio-based-fibre-products/production-of-bio-based-fibres/lyocell-fibres-production/>
- Nousiainen, P. 2021c. Production of Cupro fibres. Forest Bio Facts. Viitattu 25.10.2021. Vaatii käyttöoikeuden. <https://forestbiofacts.com/man-made-bio-based-fibre-products/production-of-bio-based-fibres/production-of-cupro-fibres/>

Nousiainen, P. 2021d. Cellulose esters of organic acids. Forest Bio Facts. Viitattu 25.10.2021. Vaatii käyttöoikeuden. <https://forestbiofacts.com/man-made-bio-based-fibre-products/scientific-principles-of-polymer-fiber-forming/cellulose-esters-of-organic-acids/>

Nousiainen, P. 2021e. Production of alginate fibres. Forest Bio Facts. Viitattu 25.10.2021. Vaatii käyttöoikeuden. <https://forestbiofacts.com/man-made-bio-based-fibre-products/production-of-bio-based-fibres/production-of-alginate-fibres/>

Olivio, T. 2015. Making Nonwovens from Pineapples. Nonwovens Industry 2.10.2015. Viitattu 25.10.2021. [https://www.nonwovens-industry.com/contents/view\\_online-exclusives/2015-02-10/making-nonwovens-from-pineapples/](https://www.nonwovens-industry.com/contents/view_online-exclusives/2015-02-10/making-nonwovens-from-pineapples/)

Shroff, A., Karolia, A. & Shah, J. 2015a. Processing of Ramie Fiber with Enzymes for Nonwovens. International Journal of Scientific Research (4) 12. 301–304. Viitattu 24.10.2021.

Shroff, A., Karolia, A. & Shah, J. 2015b. Bio-softening of Banana Fiber for Nonwoven Application. International Journal of Scientific Research (4) 4. 524–527. Viitattu 24.10.2021.

Sisal fibre: The natural option. 2014. Fibre2fashion. Verkkosivu. Viitattu 24.10.2021. <https://www.fibre2fashion.com/industry-article/7244/sisal-fibre-the-natural-option>

Stora Enso. n.d. NaturaFluff Eco by Stora Enso. Verkkosivu. Viitattu 26.10.2021. <https://www.storaenso.com/en/products/market-pulp/naturافلuff-eco>

Subramoniapilai, V., Raju, S., Govindarajan, T., Chandra, J. & Haseeb, A. 2021. Sustainable development of needle punched nonwoven fabrics from silk worm cocoon waste for oil spill removal. Journal of Natural Fibers. DOI: 10.1080/15440478.2020.1853652

Suominen. n.d. Ympäristövaikutusten minimointi. Verkkosivu. Viitattu 23.10.2021. <https://www.suominen.fi/fi/yritysvastuu/ymparistovastuu/>

Sustainability report. 2019. Edana. Pdf-dokumentti. Viitattu 23.10.2021. [https://www.edana.org/docs/default-source/sustainability/sustainability-report.pdf?sfvrsn=4a926b0\\_18](https://www.edana.org/docs/default-source/sustainability/sustainability-report.pdf?sfvrsn=4a926b0_18)

Uusitalo, K. 2021. Tekstiilien kiertotalouteen pannaan nyt paljon paukkuja – suomalaisyritys tekee vanhoista farkuista uusiokuitua, joka voisi korvata puuvillaa. Yle Uutiset 22.5.2021. Viitattu 16.11.2021. <https://yle.fi/uutiset/3-11916088>

What are nonwovens? n.d. Edana. Verkkosivu. Viitattu 21.10.2021. <https://www.edana.org/nw-related-industry/what-are-nonwovens>

Xiangyu, J., Lu, L., Haibo, W., Qinfei, K. & Hong, W. 2013. Duck Feather/Nonwoven Composite Fabrics for Removing Metals Present In Textile Dyeing Effluents. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics* (8) 3 89–96.