

The background features a white grid. On the left, there are blue shapes: a rectangle at the top, a large semi-circle in the middle, and a rectangle at the bottom. On the right, there are beige circular shapes with a speckled texture, each containing a small, round, four-hole button. The title text is centered over the blue semi-circle.

SUOMEN TEKSTIILI & MUOTI

Tekstiilikuituopas

Sisällys

Johdanto	2
Yleistä tekstiilikuiduista ja niiden tuotannosta	3
Luonnonkuidut	6
Kasvikuidut	7
Puuvilla (CO)	8
Kapokki (KP)	12
Pellava (LI)	14
Juutti (JU)	18
Hamppu (HA)	20
Rami (RA)	22
Nokkonen	24
Sisal (SI)	26
Manilla (AB)	27
Kenaf (KE)	28
Henequen	29
Ananaskuitu (PALF)	30
Kookos (CC)	32
Eläinkuidut	33
Villa (WO)	34
Mohair (WM)	38
Kashmir (WS)	40
Cashgora	42
Alpakka (WP)	43
Angora (WA)	44
Jakki (WY)	45
Kameli (WK)	46
Laama (WL)	47
Vikunja (WG)	48
Guanako (WU)	49
Silkki (SE)	50

Tekokuidut	52
Muuntokuidut	53
Viskoosi (CV)	54
Lyocell (CLY)	57
Kupro (CUP)	58
Modaali (CMD)	60
Asetaatti (CA)	61
Triasetaatti (CTA)	62
Proteiinimuuntokuidut	63
Synteettiset tekokuidut	65
Polyesteri (PES)	66
Polyamidi (PA)	70
Elastaani (EL)	72
Akryyli (PAN)	74
Modakryyli (MAC)	76
Aramidi (AR)	77
Polypropeeni (PP)	78
Polyeteeni (PE)	80
Polylaktidi (PLA)	81
Fluorokuidut (PTFE)	82
Klorokuidut (CLF)	83
Synteettiset epäorgaaniset kuidut	84
Lasikuidut (GF)	84
Hiilikuidut (CF)	86
Metallikuidut (MTF)	87
Metalloidut kuidut	88
Keraamiset kuidut (CEF)	89
Suomalaiset kuituinnovaatiot	90
Infinna™	91
Spinnova®	92
Ioncell®	93
Kuura	94

Johdanto

Globaali tekstiilikuitujen tuotanto ja kulutus ovat lähes kolminkertaistuneet viimeisten 30 vuoden aikana. Ylivoimaisesti eniten käytetty kuitu on tekokuituihin lukeutuva polyesteri, jonka osuus kaikesta kuitutuotannosta on yli puolet. Polyesterin jälkeen toiseksi eniten tuotettu kuitu on luonnonkuituihin lukeutuva puuvilla. Kaikkiaan erilaisia tekstiilikuituja on kymmeniä, ja jokaisella kuidulla on niin hyviä kuin huonoja ominaisuuksia.

Meiltä kysytään usein, mikä tekstiilikuitu olisi paras tai ekologisin vaihtoehto. Kysymykseen ei valitettavasti ole yksiselitteistä vastausta, vaan se riippuu aina lopputuotteen suunnittelusta käyttökohteesta. Ominaisuuksiensa puolesta tekstiilit soveltuvat useisiin eri käyttökohteisiin. Kaikille tuttujen vaatteiden ja kodintekstiilien ohella tekstiilikuituja käytetään myös moneen muuhun tarkoitukseen, kuten useisiin erilaisiin teknisiin sovelluksiin.

Tähän oppaaseen olemme koonneet tietoa eri tekstiilikuitujen keskeisimmistä ominaisuuksista,

valmistusmenetelmistä ja tyypillisistä käyttökohteista. Lisäksi olemme tarkastelleet tekstiilikuituja niiden tuotannosta aiheutuvien ympäristövaikutusten sekä sosiaalisen vastuun näkökulmista.

Kuitujen lisäksi tekstiilituotteiden laatuun ja ominaisuuksiin vaikuttavat muun muassa materiaalien rakenteet ja erilaiset viimeistelykäsittelyt. Tässä oppaassa olemme keskittyneet ainoastaan kuitujen tuotantoon.

Oppaan avulla olemme pyrkineet avaamaan kattavasti kunkin tekstiilikuidun hyviä ja huonoja ominaisuuksia sekä niiden valmistukseen liittyviä vastuullisuusnäkökulmia. Olemme keskittyneet erityisesti eniten käytettyihin kuituihin, mutta pyrkineet käsittelemään laajasti myös vähemmän käytettyjä tekstiilikuituja.

Toivomme, että opas toimii tiiviinä tietopakettina tekstiilikuitujen monipuoliseen maailmaan, mutta auttaa myös alan yrityksiä niin tuotekehityksessä kuin vastuullisuuskysymysten hallinnassa.

Yleistä tekstiilikuiduista ja niiden tuotannosta

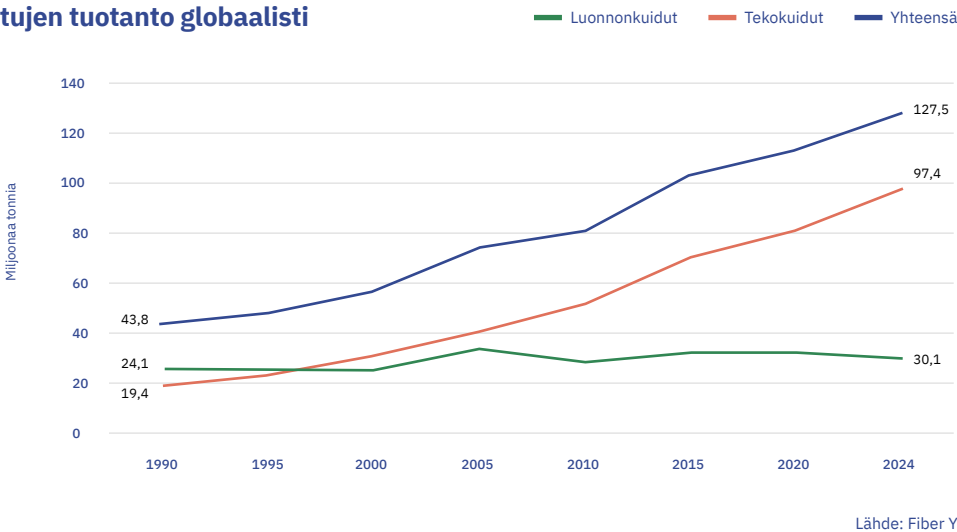
Tekstiilikuidut ovat taipuisia, ohuita ja pitkänomaisia yksittäisiä kuituja, joista voidaan valmistaa kaksi- tai kolmiulotteisia rakenteita. Niiden tulee olla riittävän lujia ja muuttumattomia valituissa käyttökohteissa. Vaatemateriaalien tulee kestää hankausta ja taivutusta sekä säännöllistä pesua, kun taas teknisissä tekstiileissä kuidun tärkein ominaisuus on usein lujuus.¹

Vuonna 2024 globaali kuitujen tuotanto oli yhteensä noin 127,5 miljoonaa tonnia. Tekstiilikuitujen tuotanto ja kulutus ovat lähes kol-

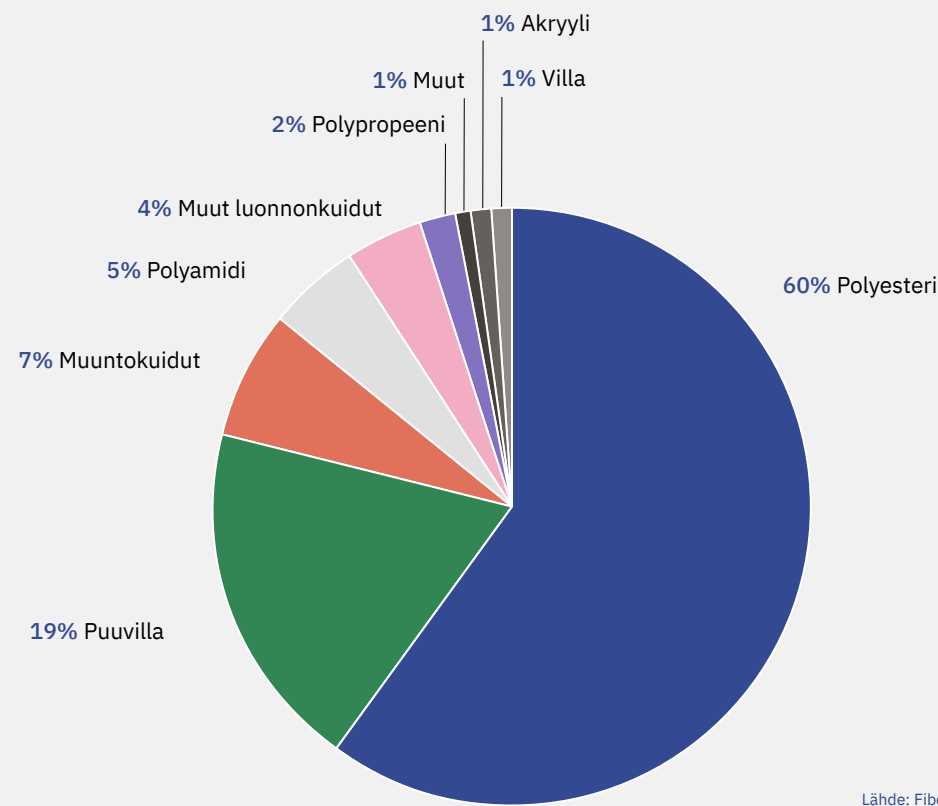
minkertaistuneet viimeisten 30 vuoden aikana. Luonnonkuitujen tuotanto ei ole merkittävästi kasvanut, vaan kasvu on tullut lähes yksinomaan tekokuitujen tuotannon nopeasta kasvusta.

Kuitujen kulutuksen kasvun taustalla on muun muassa globaali väestönkasvu sekä elintason nousu. Kuitutuotannon ennakoidaan kasvavan myös tulevaisuudessa, ja arvioiden mukaan tekstiilikuitujen tuotanto tulee nousemaan jopa 48 prosentilla vuoteen 2040 mennessä.²

Kuitujen tuotanto globaalisti



Kuitujen osuudet globaalista tuotannosta 2024



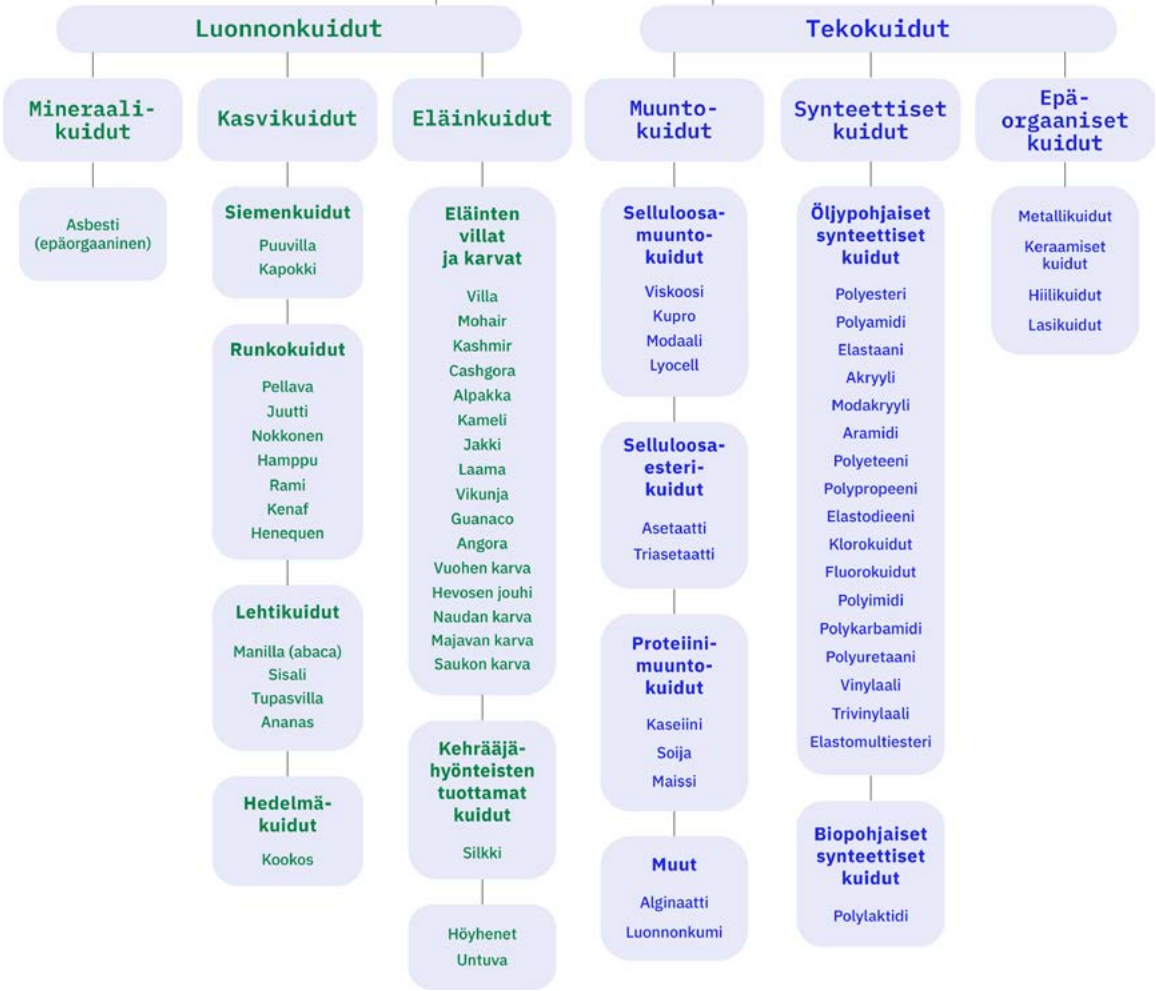
Lähde: Fiber Year 2025

Tekstiilikuidut voidaan jaotella joko luonnollisen tai kemiallisen alkuperänsä mukaan. Luonnollisen alkuperän mukaan jaoteltaessa kuidut ovat joko luonnonkuituja tai tekokuituja, ja tämä luokittelu on tyypillisemmin käytössä tekstiilialalla. Luonnonkuidut ovat luonnossa esiintyviä kuituja siinä missä tekokuidut valmistetaan teollisen prosessin avulla kuitumuotoonsa. Kemiallisen alkuperän mukaan luokiteltaessa kuidut kuuluvat joko orgaanisiin tai epäorgaanisiin kuituihin.

Tekstiilikuitujen ominaisuuksia on monia, ja ne voidaan jakaa niin mekaanisiin, kemiallisiin kuin myös lämpö-, sähkö-, mittasuhte- ja kosteusominaisuuksiin. Mekaanisia ominaisuuksia ovat

muun muassa murtolujuus, murtovenymä, elastisuus ja vahvuus. Kemiallisiin ominaisuuksiin taas lukeutuvat kuidun alkalien, happojen, haponimien, ja orgaanisten liuottimien kestävydet. Kuidun lämpöominaisuudet kertovat kuidun lämmönjohtavuudesta, pehmenemis- ja sulamislämpötilasta sekä palamisesta ja hajoamisesta. Tekstiilikuitujen sähköominaisuuksilla puolestaan tarkoitetaan kuidun sähkövastustuskykyä ja staatista varausta. Kuitujen mittasuhteista kertovat ominaisuudet ovat kuidun pituus, hienous, tiheys ja poikkileikkausmuoto. Kosteusominaisuuksista saadaan selville kuidun kosteuspitoisuus, öljynimukyky, kosteudensiirtokyky ja mittasuhteiden muutokset kosteana.³

Tekstiilikuidut

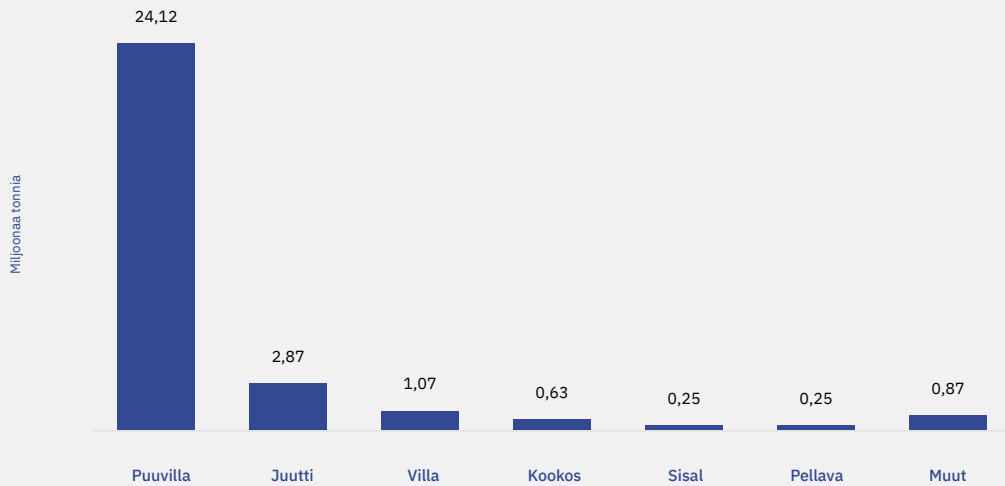


Luonnonkuidut

Luonnonkuidut esiintyvät luonnossa valmiiksi kuitumuodossa, ja ne jaetaan alkuperänsä mukaan kasvi-, eläin- tai mineraalikuituihin. Suurimman osan muodostavat kasvikuidut, joista tärkein on siemenkuituihin kuuluva puuvilla. Vaatetustekstiileissä toiseksi tärkein kuitu on runkokuituihin lukeutuva pellava, vaikka toiseksi eniten tuotetaan-kin juuttia. Muiden luonnonkuitujen osuudet ovat hyvin pieniä koko luonnonkuitutuotannosta.

Luonnonkuidut ovat peräisin uusiutuvista raaka-aineista, ja viimeistelemättöinä ne ovat luonnos- taan biohajoavia. Vaatetus- ja sisustustekstiilien lisäksi niitä käytetään myös teknisiin tarkoituksiin, kuten köysiin ja suodatinkankaisiin, vaikka syn- teettiset tekokuidut ovatkin syrjäyttäneet luonnon- kuituja monessa käyttötarkoituksessa.

Luonnonkuitujen tuotanto 2024



Lähde: Fiber Year 2025

Kasvikuidut

Kasvikuidut jaotellaan alkuperänsä mukaan sie- men-, runko-, lehti- ja hedelmäkuituihin. Kuitu- jen pituus määräytyy pitkälti sen mukaan, mistä kasvin osasta kuitu saadaan. Siemen- ja hede- mäkuidut ovat tyypillisesti vain muutaman sentin pituisia, kun taas runko- ja lehtikuidut ovat paljon pidempiä, jopa yli metrin mittaisia.

Kasvikuidut rakentuvat pääasiallisesti selluloo- sasta, mutta sisältävät puuvillaa lukuun otta-

matta myös hemiselluloosaa ja ligniiniä. Lisäksi ne sisältävät myös pieniä määriä pektiinejä ja rasvoja tai vahoja.⁴ Selluloosan tehtävä on auttaa kasveja pysymään jäykkinä ja vahvoina, ja he- miselluloosa auttaa selluloosaa tässä tehtävässä vahvistamalla soluseiniä. Ligniinin tehtävänä on parantaa soluseinän jäykkyyttä, hydrofobisia ominaisuuksia ja edistää mineraalien kulkeutu- mista. Ligniini myös suojaaa kasvia tuholaisilta ja taudinaiheuttajilta.⁵

Puuvilla (CO)

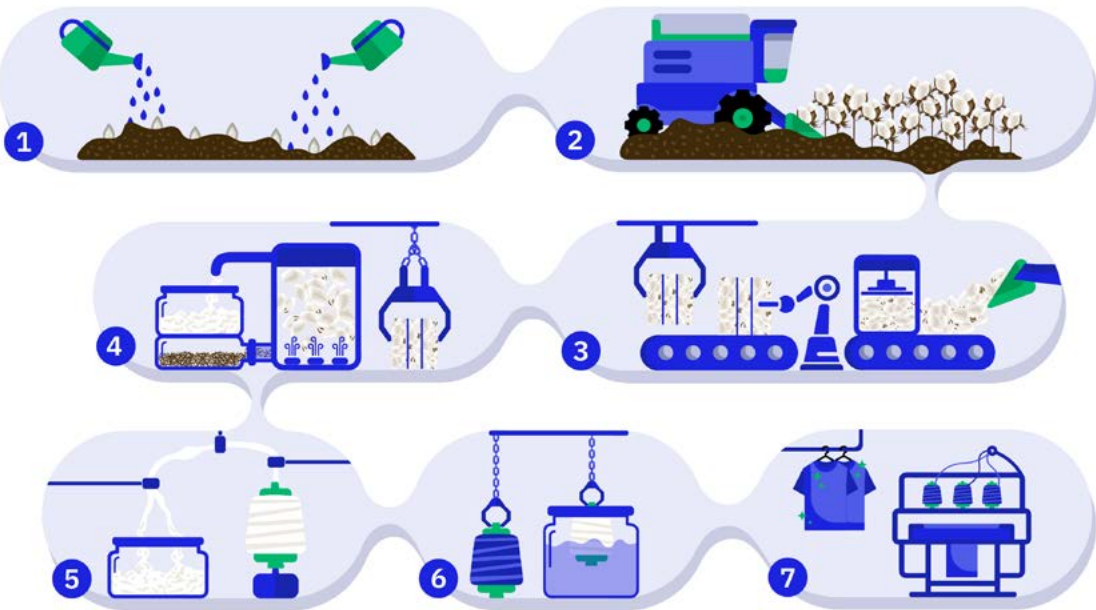
Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Siemenkuiduksi luokiteltua puuvillaa saadaan yksivuotisten puuvillakasvien (*Gossypium* spp.) siemenkarvoista. Puuvillalajikkeita tunnetaan 33, mutta vain neljää puuvillalajia viljellään kaupalliseen tarkoitukseen. Arkeologiset todisteet viittaavat siihen, että puuvillaa on viljelty Intiassa ja Pakistanissa jo jopa 5000 vuotta sitten.⁶

Puuvillaa viljellään lämpimässä ilmastossa Pohjois- ja Etelä-Amerikassa, Aasiassa ja Afrikassa. Viljelyolosuhteilla ja käytetyllä lajikkeella on suuri merkitys kuidun ominaisuuksiin. Puuvillaa viljellään kolmessa eri kuitupituudessa. Pisimmät kuidut ovat hienoja ja kiiltäviä, pituudeltaan n. 30–40 millimetriä. Hienoimpia laatuja kutsutaan Sea Island-, Egyptian- ja Pima-puuvillaksi. Keskipituista puuvillaa (kuitupituus 25–33 mm) on

markkinoilla eniten noin 90 prosentin osuudella, ja tätä puuvillaa kutsutaan American Uplandiksi. Lyhyimmät kuidut ovat 10–25 millimetriä pitkiä, ja niitä käytetään hyvin harvoin tekstiileissä.⁷

Puuvillakasvin elinkaari istutuksesta sadonkorjuuseen kestää yleensä noin 5–7 kuukautta. Yksi puuvillan siemen tuottaa noin 20 000 kuitua. Kun puuvillan siemenkodat aukeavat, sato korjataan joko koneella tai käsin. Koneella korjuu on nopeampaa, mutta puuvillan laatu koneella korjattuna on huonompaa kuin käsin korjattuna. Korjuun jälkeen puuvilla loukutetaan, jolloin kuiduista erotellaan siemenet. Kun kuidut on erotettu siemenistä, kuidut paalataan ja lähetetään puhdistettavaksi sekä karstattavaksi. Näiden prosessien jälkeen varsinainen langan valmistus voi alkaa.⁸



Tärkeimmät tuottajamaat ja osuus globaaleista kuitumarkkinoista

Puuvilla on luonnonkuiduista kaikkein eniten tuotettu kuitu jopa 80 prosentin osuudella. Puuvillan kokonaistuotanto oli noin 24,1 miljoonaa tonnia vuonna 2024, ja se muodostaa noin viidenneksen (18,8 prosenttia) koko globaalista kuitutuotannosta.⁹

Puuvillan suurimmat tuottajamaat ovat Kiina, Intia, Yhdysvallat ja Brasilia.¹⁰ Puuvillaa viljellään pienemmässä mittakaavassa myös monissa muissa Aasian, Afrikan, Etelä-Amerikan ja Etelä-Euroopan maissa.¹¹

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Puuvillakuitu on taipuisaa, kevyttä ja pehmeää, joten puuvillasta valmistetut tuotteet ovat miellyttäviä päällä. Puuvilla on myös vahva kuitu, jonka lujuus jopa kasvaa 10–20 prosenttia märkänä. Lisäksi sillä on erittäin hyvä kosteudenimukyky.¹²

Puuvillan kimmoisuutta ja elastisuutta pidetään erittäin huonoina, ja puuvillan elastinen pa-

lautuminen 2 prosentin venytyksestä on vain 75 prosenttia. Käytännössä tämä aiheuttaa esimerkiksi puuvillahousujen löystymistä ja polvipussien muodostumista, joten tuotteisiin lisätään usein elastaania parantamaan puuvillan heikkoa elastisuutta. Puuvilla myös rypistyy helposti. Puuvillan sään- ja valonkesto ovat vain kohtalaisia, ja puuvilla kellastuu ja menettää lujuuttaan auringonvalossa.¹³

Puuvillaa käytetään laajasti vaatetuksessa ja sisustuksessa sekä teknisissä tekstiileissä. Puuvillaa on helppo pestä ja se on mukavan tuntuinen päällä, joten sitä käytetään vaatetuksessa esimerkiksi housuissa ja farkuissa, paidoissa, alusvaatteissa, mekoissa ja takeissa sekä työvaatetuksessa. Kodin tuotteissa puuvilla soveltuu erinomaisesti esimerkiksi pyyhkeisiin, lakanoihin, verhoihin sekä moineen muuhun tarkoitukseen. Teknisissä tarkoituksissa puuvillaa käytetään esimerkiksi letkujen valmistukseen ja suodatuskankaisiin. Puuvillasta voidaan valmistaa myös köysiä, lääketieteellisiä tarvikkeita ja hygieniatuotteita.¹⁴

Kuidun pituus	9–65 mm
Kuidun halkaisija	10–22 µm
Lämmönkesto	120–150 °C
Murtovenymä	5–10 %
Murtolujuus kuivana	18–44 cN/tex
Murtolujuus märkänä	Kasvaa 10–20 %
Kosteuspitoisuus	8,5–10,5 %

Lähde: Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja älykkäät tekstiilit (s. 33); Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 31)

Tuotannon vastuullisuusnäkökulmat

Puuvillan viljely vaatii paljon maapinta-alaa ja vettä. Puuvillakasvi on myös erityisen herkkä tuhohyönteisille ja kasvisairauksille, joten viljelyssä käytetään usein runsaasti kemikaaleja. Lisäksi viljely on painottunut kehitysmaihin ja maaseudulle, joten sen tuotantoon liittyy usein myös sosiaalisen ja ympäristövastuun näkökulmasta useita huomioitavia seikkoja.

Kansainvälinen Reilun kaupan yhdistys on arvioinut, että maailman 100 miljoonasta puuvillaa viljelevästä kotitaloudesta noin 90 prosenttia sijaitsee kehitysmaissa. Suurin osa kehitysmaiden viljelijöistä viljelee puuvillaa pääsääntöisenä elinkeinonaan ja perinteisiä viljelymenetelmiä hyödyntäen. Pienviljelijöillä on yleensä hyvin rajallisesti käytettävissä kasteluvettä ja torjunta-aineita, joten satojen tuottavuus on heikkoa. Kehitysmaiden pienviljelijöiden on erittäin vaikeaa kilpailla kehittyneen tehotuotannon kanssa kannattavasti.¹⁵

Puuvillan viljelyyn on kautta historian liittynyt riskejä kansainvälisten ihmisoikeuksien toteutumisen näkökulmasta. Kansainvälisen työjärjestö ILO:n mukaan lapsi- ja pakkotyövoiman käyttöä on edelleen tunnistettu puuvillan tuotantoketjuissa esimerkiksi Uzbekistanissa, Turkmenistanissa ja Kiinassa. Pakko- ja lapsityövoiman käyttöön liittyvät ongelmat ovat tyypillisesti hyvin syvälle juurtuneita ja pitkiin tuotantoketjuihin piiloutuneita. Niiden seuranta vaatii puuvillaa käyttäviltä ja valmistavilta yrityksiltä pitkäjänteistä työtä läpinäkyvyyden lisäämiseksi ja mahdollisten riskien tunnistamiseksi.¹⁶

Puuvillan tuotannolla on myös merkittäviä ympäristövaikutuksia. Puuvillakasvi on erittäin herkkä tuhohyönteisille ja kasvisairauksille, joten perinteisessä viljelyssä käytetään usein runsaasti erilaisia hyönteismyrkkyjä ja kasvinsuojeluaineita. Arvioiden mukaan puuvillan tuotanto kattaa noin 2,4 prosenttia maailman viljelymaasta, mutta sen tuotantoon kuluu 6 prosenttia maailman

torjunta-aineista ja 16 prosenttia maailman hyönteismyrkyistä. Runsas kemikaalien käyttö viljelyssä köyhdyttää maaperää, saastuttaa vesistöjä ja vähentää luonnon monimuotoisuutta. Lisäksi kemikaaleilla ja torjunta-aineilla käsitellyn puuvillan käsittely ilman kunnollisia suojavarusteita voi aiheuttaa viljelijöille terveysongelmia.¹⁷

Puuvillan tuotanto vaatii myös runsaasti vettä. Vedentarve yhden puuvillakilon tuotantoon vaihtelee 4 000 ja 29 000 litran välillä kasvupaikasta ja lajista riippuen. Runsas keinokastelu vähentää yleensä pohjavesien määrää jo ennestään kuivilla alueilla sekä lisää maaperän suolapitoisuutta. Puuvillaa voidaan kasvattaa myös pelkällä sadevedellä, jos sitä on riittävästi saatavilla.¹⁸

Vettä kuluu runsaasti myös puuvillan jatkokäsittelyssä. Esimerkiksi puuvillan värjäykseen tarvitaan huomattavasti enemmän vettä kuin synteettisten kuitujen, sillä puuvilla imee itseensä runsaasti vettä.¹⁹

Vastuullisemmat vaihtoehdot

Perinteisen puuvillanviljelyn negatiivisia vaikutuksia pyritään vähentämään erilaisilla sertifikaateilla ja ohjelmilla, jotka ohjaavat viljelijöitä kestävämpään tuotantoon. Lisäksi puuvillaa voidaan kierrättää mekaanisten ja kemiallisten menetelmien avulla. Sertifoidun puuvillan osuus kaikesta puuvillan tuotannosta vuonna 2020 oli noin 30 prosenttia ja kierrätetyn puuvillan noin yksi prosentti.²⁰

Puuvillaa voidaan kutsua luomupuuvillaksi, mikäli se on viljelty luonnonmukaisin menetelmin. Luomupuuvillan viljelyssä ei hyväksytä keinotekoisia lannoitteita tai torjunta-aineita, eikä siirtogeenisten siemenien käyttöä. Joissakin luomupuuvillan sertifiointijärjestelmissä myös keinokastelun käyttö on kielletty. Toisin kuin perinteisen puuvillan viljelyn, luomupuuvillan viljelyn tarkoituksena on edistää luonnon monimuotoisuutta ja sitä kautta parantaa myös ihmisten ja

ympäristön terveyttä.²¹ Luomupuuvillan viljelyyn käytettävät luonnolliset lannoitteet ja vuoroviljely parantavat maaperän rakennetta ja auttavat veden läpäisyä maaperässä. Hyvin hoidettu maaperä puolestaan pidättää ravinteita ja vettä paremmin, vähentäen kuivuuden aiheuttamaa satovahinkoa.²² Luomupuuvillana myytävä ja markkinoitava puuvilla on aina kolmannen osapuolen sertifioimaa. Tällä hetkellä eniten käytetty luomupuuvillan sertifiointijärjestelmä on Global Organic Textile Standard (GOTS), mutta markkinoilla on myös muita sertifiointijärjestelmiä.

Perinteiselle puuvillalle on tarjolla myös muita vastuullisempia vaihtoehtoja, kuten esimerkiksi Reilun kaupan puuvilla, jonka tuotannossa erityistä huomioita on kiinnitetty viljelijöiden oikeuksiin ja eettisten näkökulmien toteutumiseen. Viime vuosina erityisesti Better Cotton Initiative (BCI) -puuvillan osuus on kasvanut vauhdilla. BCI:n tavoitteena on lisätä puuvillanviljelijöiden tietoisuutta ympäristöystävällisistä viljelymenetelmistä ja auttaa heitä siirtymään kestävämpien viljelymenetelmien käyttöön. BCI-puuvillaa viljellään tänä päivänä 23 eri maassa ympäri maailmaa, ja sen osuus oli 23 prosenttia kaikesta puuvillantuotannosta. Muuhun sertifioituun puuvillaan verrattuna BCI-puuvilla ei ole jäljitettävissä tuotannon alkulähteille.²³

Neitseellistä puuvillaa voidaan myös korvata ja luonnonvaroja säästää hyödyntämällä mekaanisesti tai kemiallisesti kierrätettyä puuvilla. Useimmiten puuvilla kierrätetään mekaanisesti tekstiiliteollisuuden ylijäämästä tai vanhoista puuvillavaatteista. Mekaanisessa kierrätyksessä raaka-aine lajitellaan, silputaan ja avataan uudelleen kuiduiksi. Mekaaninen käsittely lyhentää kuituja ja heikentää siten langan kehrättävyyttä. Laadun parantamiseksi kierrätettyyn puuvillaan sekoitetaan usein neitseellistä puuvillaa tai muita kuituja. Kierrätettyä puuvillaa tuotettiin vuonna 2020 noin 255 000 tonnia, joka vastaa alle yhden prosentin

osuutta puuvillan kokonaistuotannosta.²⁴

Kemiallisessa kierrätysmenetelmässä puuvillakuidut regeneroidaan uuteen kuitumuotoon kemiallisten reaktioiden avulla. Kemiallisen kierrätyksen avulla kuluneetkin kuidut ja esimerkiksi puuvillan tuotannossa syntyvä lyhyt siemennukka eli lintteri voidaan hyödyntää uusien, laadukkaiden tekstiilikuitujen valmistamisessa. Kemiallisessa kierrätysprosessissa puuvillasta syntyy prosessin jälkeen selluloosamuuntokuituja, joita käsitellään tämän oppaan luvussa 4.2.

”Puuvillaa voidaan kierrättää mekaanisten ja kemiallisten menetelmien avulla.”

Kapokki (KP)

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Kapokki (Ceiba pentandra) on yleisnimitys siemenkuiduille, joita saadaan malvakasvien heimon kuuluvien puumaisten kotahedelmien siemenkarvoista. Kapokki on puuvillan lähisukuun kuuluva siemenkuitu.²⁵

Valmistuksen vaiheet

Kapokin korjuu ja prosessointi vaativat paljon manuaalista työvoimaa. Kapokin valmistaminen aloitetaan keräämällä siemenkarvoja sisältävät kypsät kotahedelmät käsin. Kotahedelmät kuivataan auringossa ennen siemenien ja kuitujen poistamista manuaalisesti. Siemenet ja kuidut erotellaan, kuidut kuivataan vielä kertaalleen ja nämä paalataan jatkokäsittelyä varten.²⁶

Tärkeimmät tuottajamaat ja osuus globaaleista kuitumarkkinoista

Kapokki on tänä päivänä erittäin vähän käytetty tekstiilikuitu, ja sen osuus kaikista kasvikuittujen tuotannosta on pieni.²⁷ Kapokin suurimmat tuottajamaat vuonna 2024 olivat Indonesia ja Thaimaa, mutta niissäkin tuotanto oli varsin vähäistä.²⁸

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Kapokkia pidetään maailman kevyimpänä kuituna.²⁹ Vahamaisen pinnoitteensa ansiosta se on erittäin hydrofobinen eli vettähylkivä kuitu. Kuidun rakenne on ontto, joten se säilyttää hyvin lämpöä ja siten sopii hyvin lämmön- ja ääneneristeeksi.³⁰ Kapokki kuitenkin pystyy imemään itseensä öljyä, minkä ansiosta kuitua voidaan käyttää muun muassa öljyvuotojen puhdistukseen.³¹

Kapokkikuidut ovat hyvin lyhyitä ja hauraita, joten niitä on vaikeaa kehrätä koneellisesti langaksi.³² Kapokkikuituja voidaan kuitenkin sekoittaa puuvillan kanssa langan valmistuksen helpottamiseksi. Ominaisuuksiltaan kapokki on jäykkä ja puuvillaa heikompi kuitu.³³ Hydrofobisen ominaisuutensa takia kapokkia on hankalaa värjätä.³⁴

Kapokkia on perinteisesti käytetty täyteenä, sillä sen kuidut soveltuvat sellaisenaan esimerkiksi pelastusrenkaiden ja -liivien, tyynyjen, patjojen, huonekalujen ja lelujen täytteeksi. Ominaisuuksiensa puolesta se soveltuu myös lämpö- ja ääneneristeeksi.³⁵

Tuotannon vastuullisuusnäkökulmat

Kapokkia pidetään ekologisena tekstiilikuituna, sillä malvakasvien heimoon kuuluvat trooppiset puut eivät vaadi kastelua tai tuholaisten torjuntaa. Kuidun kerääminen ei myöskään edellytä puun kaatamista, vaan kapokin tuotanto saattaa päinvastaisesti jopa lisätä puuston määrää. Sekoittamalla kapokkia puuvillan kanssa voidaan puolestaan vähentää puuvillan tuotannosta aiheutuvia ympäristövaikutuksia.

Kapokin korjuu ja käsittely vaativat paljon manuaalista työvoimaa, ja sen tuotanto on keskittynyt tyypillisesti alueille, joissa sosiaaliseen vastuuseen ei välttämättä ole kiinnitetty riittävästi huomiota. Mahdollisten riskien tunnistaminen ja työolosuhteiden selvittäminen kapokkikuidun tuotannossa vaatii yrityksiltä erityistä huolellisuutta.³⁶

”Kapokkia pidetään maailman kevyimpänä kuituna. Vahamaisen pinnoitteensa ansiosta se on erittäin hydrofobinen eli vettähylkivä kuitu.”

Kuidun pituus	8–30 mm
Kuidun halkaisija	20–45 µm
Murtovenymä	1,5–3,0 %
Murtolujuus kuivana	8,4 cN/tex
Kosteuspitoisuus	10,00–10,73 %

Lähde: Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja älykkäät tekstiilit (s. 33); Sinclair, R. (toim.) (2014), Textiles and Fashion: Materials, Design and Technology (s. 42)

Pellava (LI)

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Runkokuiduksi luokiteltua pellavaa saadaan Linum usitatissimum -kasvin rungosta. Kuitupellava kasvaa 80–120 senttimetriä korkeaksi haaroittumattomaksi kasviksi, ja saavuttaa korjuuiän 90–120 vuorokaudessa. Pellavan käytöstä on löydetty merkkejä jopa 7000 vuoden takaa, jolloin Egyptiläiset ovat käärineet muumioita pellavasta valmistettuihin kankaisiin.³⁷

Kasvin kukkiessa ja siemenen muodostuessa pellavan varsi nyhdetään irti maasta, jotta kuidut säilyvät mahdollisimman pitkinä. Kuidut sijaitsevat rungon pinnalla ja niiden irrottaminen vaatii useita vaiheita. Pellava jätetään liotukseen joko pellolle (ketoliotus), vesiliotetaan altaissa tai liotetaan kemiallisesti.³⁸ Liotuksen tarkoituksena on hajottaa pektiiniä, joka sitoo kuituja toisiinsa. Liotuksen jälkeen pellavan varret kuivataan. Kuivat pellavanvarret loukutetaan pieniksi sälöiksi, eli puumainen aines erotetaan kuidusta mekaanisesti. Loukutuksen jälkeen pellava lihdataan, jolloin pellavan puumainen tukisolukko, jota kutsutaan päistäreeksi, irrotetaan kuidusta. Viimeisenä pellavan lyhyet kuidut erotetaan pitkistä kuiduista häkilöinnillä, pellavan kampausprosessilla.³⁹ Näiden vaiheiden jälkeen pellava voidaan myydä eteenpäin kehräämöille langan valmistusta varten.

Pellavan kuitukimpussa yksittäiset peruskuidut ovat kiinni toisissaan niin sanotun kasviliiman avulla. Vaihtoehtoinen tapa jatkokäsitellä pellavaa on liuottaa kasviliima pois emäksen avulla, jolloin saadaan yksittäisiä peruskuituja. Tätä prosessia

kutsutaan pellavan kottonisoinniksi, jonka avulla kuitua voidaan prosessoida puuvillan tapaan.

Tärkeimmät tuottajamaat ja osuus globaaleista kuitumarkkinoista

Globaali pellavakuidun tuotanto oli noin 245 000 tonnia vuonna 2024. Sen osuus on alle prosentti kaikesta maailman kuitutuotannosta.⁴⁰ Arviolta 86 prosenttia maailman kuidun tuotantoon tarkoitettusta pellavasta viljellään Euroopassa. Kuitupellavan suurin tuottajamaa on Ranska, mutta kuitua tuotetaan myös Belgia, Valko-Venäjä ja Kiina.⁴¹

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Pellava on vahvempaa ja jäykempää kuin puuvilla, mutta sillä on matalampi elastisuus ja kimmoisuus. Pellavan matala elastisuus johtuu korkeasta ligniinipitoisuudesta (liima-aines), jonka ansiosta sillä sen sijaan on puuvillaa parempi vastustuskyky tuhohyönteisille.⁴²

Pellavalla on myös heikompi valonkestävyys kuin puuvillalla, ja pitkäaikaisessa UV-säteilyaltistuksessa pellava menettää lujuuttaan. Koska pellavan elastisuus ja kimmoisuus ovat alhaisia, pellava myös rypistyy helposti.⁴³

Pellavaa käytetään pääasiassa vaatetuksessa ja kodintekstiileissä. Pellavalla on korkea kosteudenimukyky ja hyvä lämmönjohtavuus, joten se soveltuu erinomaisesti kesävaatetukseen ja vuodetekstiileihin.⁴⁴ Kodinsisustuksessa pellavaa käytetään pöytä- ja lautasliinoissa, verhoilukaissa, verhoissa ja kangastapeteissa.⁴⁵ Pellavaa

on aiemmin käytetty vahvuutensa vuoksi myös teknisissä tarkoituksissa, kuten esimerkiksi purjekankaana ja kalastusverkoissa, mutta nykypäivänä synteettiset materiaalit ovat matalalla hintatasollaan syrjäyttäneet hintavamman pellavan.⁴⁶

Tuotannon vastuullisuusnäkökulmat

Pellavaa pidetään yleisesti varsin ekologisena tekstiilikuituna. Sillä on luonnostaan hyvä tuhohyönteisten vastustuskyky, joten viljelyssä ei tarvita haitallisia torjunta-aineita. Pellava on kasvuolosuhteiltaan varsin vaatimaton ja sitä voidaan yleensä kasvattaa myös elintarviketuotantoon sopimattomilla maa-alueilla. Pellava ei myöskään vaadi suuria määriä vettä kasvaakseen, joten yleensä sadevesi riittää pellavan kasteluun viljelyvaiheessa.⁴⁷

Pellavan tuotannon ympäristölle haitallisin osuus liittyy pellavan liotukseen. Pellolla tehtävä ketoliotus on liotusmenetelmistä ympäristöystävällisin vaihtoehto, sillä luonnonvesissä tapahtuva liotus aiheuttaa vesistöjen rehevöitymistä. Myös vesialtaissa tehtävällä liotuksella voi olla vesistöjä rehevöittävä vaikutus, jos jätevesiä ei käsitellä asianmukaisesti. Kemiallisessa liuotuksessa puolestaan käytetään vahvoja emäksisiä liuottimia, joilla voi olla haitallisia vaikutuksia ympäristöön.⁴⁸ Pellavan tuotannon ympäristömyönteisyyteen voidaan vaikuttaa liottamalla pellavakuidut huoneenlämmössä ilman lisättyä lämpöenergiaa ja käsittelemällä liotuksen jätevedet asianmukaisesti.

Pellavan jatkokäsittelyssä saatetaan käyttökohteesta riippuen käyttää suuret määrät vettä,

Kuidun pituus	4–77 mm
Kuidun halkaisija	5–76 µm
Lämmönkesto	120–150 °C
Murtovenymä	1,5–2,0 %
Murtolujuus kuivana	50–60 cN/tex
Murtolujuus kuivana	Kasvaa n. 20 %
Kosteuspitoisuus	12 %

Lähde: Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja älykkäät tekstiilit (s. 34); Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 43)

energiaa ja kemikaaleja. Pellava ei esimerkiksi värjäänny kovin helposti, joten kuidun valkaisuun ja värjäämiseen tarvitaan usein runsaasti kemikaaleja. Käyttökohteesta riippuen pellavaa voidaan myös käsitellä esimerkiksi luonnollisen kiillon parantamiseksi tai rypistyvyyden ehkäisemiseksi.⁴⁹

Pellavantuotanto on hyvin työvoimavaltaita. Lisäksi tuotannolla voi olla negatiivisia vaikutuksia lähialueella asuvien ihmisten terveyteen ja puhtaan juomaveden saatavuuteen, jos liotuksen jätevesiä ei käsitellä asianmukaisella tavalla.⁵⁰ Euroopassa ympäristölainsäädäntö pitää huolen siitä, että negatiivisilta vaikutuksilta vältytään, mutta tuotanto Euroopan ulkopuolella vaatii yrityksiltä erityistä huolellisuutta.

Vastuullisemmat vaihtoehdot

Pellavan viljely täyttää lähes luonnostaan luonnonmukaiselle viljelylle asetetut vaatimukset. Tästä syystä vain hyvin pieni osa vuosittain tuotetusta pellavasta on luomusertifioitua.⁵¹ Luomuna myytävän ja markkinoitavan pellavan osalta kolmas osapuoli on varmistanut, että viljelyssä ei ole käytetty ympäristölle haitallisia kemikaaleja. Tällä hetkellä eniten käytetty luomukuitujen sertifiointijärjestelmä on Global Organic Textile Standard (GOTS), mutta markkinoilla on myös muita erityisesti pellavantuotannon vastuullisuutta edistäviä sertifiointijärjestelmiä.

”Pellavan viljely täyttää lähes luonnostaan luonnomukaiselle viljelyllä asetetut vaatimukset.”

Juutti (JU)

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Juuttia saadaan trooppisilla ja subtrooppisilla jokisuistoalueilla kasvavien Corchorus capsularis- ja Corchorus olitorius -kasvien rungoista.⁵² Juutti on yksi edullisimmista luonnonkuiduista, ja sitä viljellään luonnonkuiduista puuvillan jälkeen eniten.⁵³

Juutti kasvaa korjuupituuteensa 1,5–4,3 metriin noin neljässä kuukaudessa. Kasvi korjataan heti kukinnan jälkeen ja jätetään pellolle muutamaksi päiväksi, jotta lehdet varisevat irti varsista.⁵⁴ Korjuun jälkeen varret liotetaan vesiliotuksella altaissa tai luonnonlammissa, jolloin kuitukimput irtoavat puumaisesta aineksestä. Liotuksen jälkeen kuitukimput erotellaan joko manuaalisesti käsin, mekaanisesti tai kemiallisesti.⁵⁵

Tärkeimmät tuottajamaat ja osuus globaaleista kuitumarkkinoista

Juutin osuus luonnonkuitujen tuotannosta on noin 9 prosenttia,⁵⁶ ja sen kokonaistuotanto oli 2,8 miljoonaa tonnia vuonna 2024.⁵⁷ Lähes kaikki juutti tuotetaan Bangladeshissa ja Intiassa.⁵⁸

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Juutti on vahvaa, kestäväää ja monipuolista kuitua, jota on edullista tuottaa. Juutin lujuus ei kuitenkaan ole yhtä suuri kuin esimerkiksi pellavalla tai hampulla. Juutilla on hyvät eristävät ja antistaattiset ominaisuudet.⁵⁹

Juutin murtovenymä on alhainen ja kuidun elastinen palautuminen on vähäistä.⁶⁰ Kuidun ligniinipitoisuus (liima-aines) on korkeampi kuin pellavalla tai ramilla, joten juutti on karkeampaa

ja jäykempää.⁶¹ Juutin kuitupituus on myös lyhyempi kuin muilla runkokuiduilla, sillä sen peruskuitujen pituudet vastaavat puuvillan ja villan kuitupituuksia.⁶² Nämä ominaisuudet vaikeuttavat juutin prosessointia valmiiksi tuotteiksi, ja valmiit langat sekä kankaat ovat karkeampia ja painavampia. Juutin valonkesto on vain puolet pellavan valonkestosta.⁶³

Juuttia on halpa tuottaa, joten sillä on monia käytötarkoituksia esimerkiksi maataloudessa ja teknisissä tarkoituksissa.⁶⁴ Juutista valmistetaan esimerkiksi säkkejä, maton taustakankaita, köysiä ja pakkausmateriaaleja. Juuttia käytetään myös kuitukankaiden ja suodatinkankaiden valmistamiseen.⁶⁵ Synteettiset materiaalit ovat syrjäyttäneet juutin käyttöä useissa sen käyttötarkoituksissa, mutta juutin tärkeimmät edut synteettisiin materiaaleihin verrattuna ovat sen kestävyys ja puhetaan raaka-aineen biohajoavuus.⁶⁶

Tuotannon vastuullisuusnäkökulmat

Juutin tuotannon ympäristövaikutukset ovat hyvin samantyyppiset kuin pellavalla. Lämpimässä ja kosteassa ilmastossa juutti kasvaa luonnostaan ilman torjunta-aineita, lannoitteita ja keinokastelua.⁶⁷ Tuotannon merkittävimmät ympäristövaikutukset liittyvät kuiduntuotannon liotusprosessiin.

Juutin tuotanto on keskittynyt lähinnä Intiaan ja Bangladeshiin. Näissä maissa tuotannon jätevesien käsittelyyn on syytä kiinnittää erityistä huomiota, sillä infrastruktuuri ei välttämättä kaikilla alueilla ole riittävällä tasolla ympäristönsuojelun näkökulmasta.

Juutin tuotanto ja jatkokäsittely ovat myös hyvin työvoimavaltaista, joten mahdollisten ympäristö- ja ihmisriskien tunnistaminen ja ennaltaehkäisy juutin tuotannossa vaatii yrityksiltä erityistä huolellisuutta.

”Juutti on vahvaa, kestäväää ja monipuolista kuitua, jota on edullista tuottaa. Juutilla on hyvät eristävät ja antistaattiset ominaisuudet.”

Kuidun pituus	0,8–6 mm
Kuidun halkaisija	10–25 µm
Murtovenymä	1,5–1,7 %
Murtolujuus kuivana	25–62 cN/tex
Kosteuspitoisuus	14 %

Lähde: Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja älykkäät tekstiilit (s. 34); Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 43)

Hamppu (HA)

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Hamppukuitua saadaan Cannabis sativa -kasvin rungosta. Kuitutuotantoon tarkoitetut hamppukasvit tuottavat tetrahydrokannabinolia (THC) vain hyvin pieniä määriä, mutta kasvien viljely on monissa länsimaissa luvanvaraista ja niiden THC-pitoisuudet saatetaan tarkistaa.⁶⁸ Kasvin runko tuottaa kahdenlaista kuitua: varresta saatavia pitkiä kuituja ja ytimeistä saatavia lyhyitä kuituja.⁶⁹

Hamppu kerätään kukinnan päädyttyä, jolloin kasvi on kasvanut täyteen pituuteensa, jopa 3–4,5 metriä pitkäksi. Hampun valmistuksen vaiheet ovat hyvin samankaltaiset kuin pellavalla. Korjuun jälkeen varret yleisimmin keto- tai vesiliotetaan, kuivataan, loukutetaan ja lihdataan.⁷⁰

Tärkeimmät tuottajamaat ja osuus globaaleista kuitumarkkinoista

Hamppukuidun arvioitu kokonaistuotanto oli noin 330 000 tonnia vuonna 2024. Hampun

osuus maailman kuitutuotannosta on alle 0,2 prosenttia.⁷¹ Hampun tärkeimmät tuottajamaat ovat Ranska, Kiina ja Alankomaat. Näiden lisäksi hamppua tuotetaan pienemmässä mittakaavassa myös mm. Chilessä ja Romaniassa.⁷²

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Hamppukuidulla on luonnonkuiduista paras UV-suojaus. Hamppu on myös antibakteerinen, antimikrobinen, antiviraalinen ja hypoallergeeninen kuitu.

Hamppukuidut ovat pitkiä, vahvoja ja kestäviä, ja ne muistuttavat tunnultaan ja ulkonäöltään pellavaa. Pellavaan verrattuna hampun valonkestävyys on kuitenkin huonompi, ja se on myös karkeampi ja vähemmän taipuisa kuitu.⁷³ Hamppukuitua voidaan myös kottonisoida eli muuttaa puuvillaa muistuttuvaksi kuiduksi, jolloin sitä voidaan prosessoida puuvillan tapaan.

Hamppu on monipuolinen kuitu, ja sitä voi-

daan käyttää vaatteiden, kenkien, kodintekstiilien, mattojen ja verhoilukankaiden tuotannossa.^{74 75} Hamppua käytetään tarkoituksiin, joissa vaaditaan hyvää märkäljuutta, joten hamppu soveltuu hyvin muun muassa köysiin, purjeisiin, peitteisiin, paloletkuihin ja säkkeihin. Synteettiset kuidut ovat kuitenkin syrjäyttäneet hampun käyttöä teknisissä tarkoituksissa.⁷⁶ Hamppua voidaan käyttää myös paperin, biohajoavien muovien ja luontaistuotteiden valmistuksessa.⁷⁷

Tuotannon vastuullisuusnäkökulmat

Hamppua pidetään varsin vastuullisena tekstiilikuituna, sillä sen tuotannolla on varsin vähän negatiivisia ympäristövaikutuksia. Hamppu on

niin nopeakasvuista, että sen viljely ei vaadi keinotekoisten lannoitteiden tai torjunta-aineiden käyttöä. Lisäksi se vaatii hyvin vähän vettä kasvaakseen. Hampun katsotaan olevan maaperää uudistava kasvi, ja sitä käytetään usein vuoroviljelyssä parantamaan maaperää muiden viljelykasvien välillä. Kuten muillakin runkokuiduilla, hampun tuotannon merkittävimmät ympäristövaikutukset liittyvät kuiduntuotannon liuotusprosessiin.⁷⁸

Hampun tuotanto ja jatkokäsittely ovat usein myös hyvin työvoimavaltaista, joten mahdollisten ympäristö- ja ihmisriskien tunnistaminen ja ennaltaehkäisy vaativat yrityksiltä erityistä huolellisuutta.

”Hamppukuitua voidaan myös kottonisoida eli muuttaa puuvillaa muistuttuvaksi kuiduksi, jolloin sitä voidaan prosessoida puuvillan tapaan.”

Kuidun pituus	5–55 mm
Kuidun halkaisija	5–51 µm
Murtovenymä	1–6 %
Murtolujuus kuivana	38–65 cN/tex
Kosteuspitoisuus	12 %

Lähde: Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja älykkäät tekstiilit (s. 34); Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 43)

Rami (RA)

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Ramikuitua saadaan Boehmeria nivea- ja Boehmeria Utilis -kasvien rungoista, jotka luokitellaan nokkoskasveihin. Kasvia viljellään monivuotisena. Boehmeria niveasta saatava kuitu on hienoa ja valkoista, ja se on laadultaan parempaa. Boehmeria Utilis -kasvista saatava kuitu on vihreää ja lujempaa, ja sen kuitusaanto on suurempaa.⁷⁹ Rami kuuluu maailman vanhimpiin kuitukasveihin, ja sen käytöstä tekstiileissä löytyy todisteita jopa 6000 vuoden takaa.⁸⁰

Rami kasvaa parhaiten lämpimässä ja kosteassa ilmastossa. Otollisessa ympäristössä rami kasvaa korjuupituuteensa 1–2,5 metriin jopa kuudesti vuodessa. Yleisimmin sato korjataan kuitenkin kahdesta kolmeen kertaan vuodessa.⁸¹ Ramin rungot kerätään juuri ennen kukintaa tai mahdollisimman pian kukinnan jälkeen, sillä sen kuitupi-

toisuus on tässä vaiheessa suurin, ja kasvin kasvu- tahti hidastuu kukinnan jälkeen.⁸²

Kasvin leikkaamisen jälkeen varret murska- taan ja kuituja sisältävä kuoriosa erotetaan puu- maisesta ytimestä. Kuitukimput kerätään kuores- ta talteen, minkä jälkeen ne pestään ja kuivataan. Kuitukimpuista poistetaan kasviliima joko mikro- biologisella liottamisella tai emäksisessä keitossa, jotta kuitukimput saadaan eroteltua ennen keh- ruuta.⁸³ Ramikuidun erottaminen kasvin rungosta on varsin työlästä verrattuna moniin muihin run- kokuituihin. Vesiliotuksen ohella kuituja voidaan- kin erottaa myös mekaanisesti.⁸⁴

Tärkeimmät tuottajamaat ja osuus globaaleista kuitumarkkinoista

Vuonna 2024 ramikuidun kokonaistuotanto oli noin 9 000 tonnia.⁸⁵ Ramin suurin tuottajamaa on

Kiina, jossa lähes kaikki ramikuitu nykyään tuote- taan. Ramia kutsutaankin myös kiinanruohoksi.

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Ramikuitua pidetään kaikista kasvikuiduista lu- jimpana, ja sen lujuus kasvaakin kosteana jopa 25 prosenttia. Kuidun vahvuutta voidaan verrata jopa synteettisten kuitujen vahvuuteen.⁸⁶ Ramikuidulla on luonnollinen kiilto ja se on väriltään valkoista. Ramikuidulla on hyvä vastustuskyky bakteereille, homeelle, emäksille, mätänemiselle, valolle ja tu- hohyönteisille.⁸⁷

Ramikuitu on jäykkää ja sillä on runkokui- duille ominainen alhainen elastisuus. Kuidun jäykkyys hankaloittaa sen kehruuta langaksi ja ai- heuttaa rypistymistä ramista valmistetuissa tuot- teissa.⁸⁸

Ramia voidaan käyttää sellaisenaan tai sekoit- teena muiden kuitujen kanssa. Ramia käytetään vaatetuksessa muun muassa neuleissa, puseroissa ja puvuissa. Ramikuitu soveltuu hyvin myös ver- hoilu- ja kodintekstiileihin kuten verhoihin, pyyh- keisiin ja pöytäliinoihin. Kuidun lujuuden takia sitä käytetään jonkin verran myös köysissä, kalastus- verkoissa ja teollisuudessa ompelulankana.⁸⁹

Tuotannon vastuullisuusnäkökulmat

Ramin tuotannon vastuullisuusnäkökulmat ovat hyvin samantyyppiset kuin muillakin runkokui- duilla.

”Ramikuitua pidetään kaikista kasvikuiduista lujimpana, ja sen lujuus kasvaakin kosteana jopa 25 prosenttia.”

Kuidun pituus	40–250 mm
Kuidun halkaisija	16–126 µm
Murtovenymä	2–7 %
Murtolujuus kuivana	32–88 cN/tex
Murtolujuus märkänä	Kasvaa 25 %
Murtolujuus kuivana	8,5 %

Lähde: Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja älykkäät tekstiilit (s. 34); Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 43); Nawab, Y. (toim.) (2016), Textile engineering: An introduction (s. 14)

Nokkonen

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Nokkonen (*Urtica dioica*) on runkokuiduiksi luokiteltava kasvikuitu. Nokkonen kuuluu samaan sukuun Ramin kanssa, ja niiden prosessointi on samankaltainen.⁹⁰ Nokkonen on ollut erittäin suosittu kuitukasvi ennen puuvillan massateollisuutta ja synteettisten tekokuitujen kehittymistä. Nokkosta on viljelty laajasti ympäri maailmaa sen tarjoaman tekstiilikuidun, luontaistuotteiden ja ravinnon takia.⁹¹

Nokkonen voidaan istuttaa siemenestä tai taimesta. Kasvi korjataan varsineen ja käsitellään nopeasti korjuun jälkeen. Nokkosen varsia liotetaan, jotta kasvin puumainen ydin irtoaa varren pintaosasta. Varsia voidaan liottaa kemiallisella, mikrobiologisella, entsymaattisella tai vesiliotuksella.⁹² Liotuksen jälkeen varsia voidaan keittää kuitujen irrottamiseksi. Kuidut erotetaan mekaanisesti rohkimalla ja tämän jälkeen kuidut kammataan.

Nokkosen kuitupitoisuus vaihtelee 5–20 prosentin välillä riippuen nokkosen alkuperästä. Luonnonvaraisen nokkosen kuitupitoisuus on noin 5 prosenttia, kun taas geenimuunnelluilla nokkoslajikeilla kuitupitoisuus on 17–20 prosenttia.⁹³

Tärkeimmät tuottajamaat ja osuus globaaleista kuitumarkkinoista

Nokkosen osuus globaalista kuitutuotannosta on tänä päivänä hyvin vähäinen, mutta kiinnostus kasviperäisiä luonnonkuituja kohtaan kasvaa jatkuvasti.⁹⁴

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Nokkoskuitu on pehmeää kermanvalkoista kuitua, jolla on korkea lujuus. Kuidulla on hyvä kosteudenimukyky, sillä se on huokoisempaa kuin esimerkiksi pellava tai hamppu. Nokkoskuidun

murtovenymä on alhainen, kuten muillakin kasvikuiduilla.⁹⁵

Nokkoskuidusta voidaan valmistaa vaate- ja sisustustekstiilejä sekä verhoilukankaita. Kuitua sekoitetaan usein puuvillan ja hampun kanssa. Nokkoskuidusta valmistetut tekstiilit pehmenevät käytettäessä ja pestessä kuten pellava. Nokkoskuitua on käytetty myös narujen, köysien ja purjekankaiden valmistukseen.⁹⁶

Tuotannon vastuullisuusnäkökulmat

Nokkosta pidetään varsin vastuullisena tekstiilikuituna, sillä sen tuotannolla on melko vähän negatiivisia ympäristövaikutuksia. Nokkonen viihtyy vaatimattomissa olosuhteissa ja kasvaa helposti monenlaisessa maaperässä ja ilmastossa rikkaruohon tavoin. Sen viljely ei vaadi keinotekoisien lannoitteiden tai torjunta-aineiden käyttöä. Lisäk-

si nokkonen vaatii hyvin vähän vettä kasvaakseen.

⁹⁷ Nokkonen pystyy myös sitomaan huomattavia määriä hiilidioksidia ilmasta, ja samasta pellosta voidaan korjata satoa useita vuosia peräkkäin ilman merkittäviä muokkauksia.⁹⁸

”Nokkonen on ollut erittäin suosittu kuitukasvi ennen puuvillan massateollisuutta ja synteettisten tekokuitujen kehittymistä.”

Kuidun pituus	50 mm
Kuidun halkaisija	30–35 µm
Murtovenymä	2,5 %

Lähde: Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja älykkäät tekstiilit (s. 34); Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 43); Nawab, Y. (toim.) (2016), Textile engineering: An introduction (s. 14)

Sisal (SI)

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Sisalkuidut ovat peräisin Meksikosta, ja niitä saadaan Agave sisalana -kasvin lehdistä. Sisalkasvin lehdet ovat 10–15 senttiä leveitä ja 1–2 metriä pitkiä.⁹⁹

Sisalkuidut kerätään tuoreista lehdistä rouhimalla lehti rikki ja erottamalla kuitu muusta aineksesta. Kuivuneista lehdistä on vaikea poistaa kuituja. Erottelun jälkeen kuidut pestään ja kuivataan auringossa, mikä vaalentaa kuituja. Kuivauksen jälkeen kuidut vielä harjataan mekaanisesti.¹⁰⁰ Kuivatun kuidun osuus on vain neljä prosenttia lehden kokonaispainosta.¹⁰¹

Tärkeimmät tuottajamaat ja osuus globaaleista kuitumarkkinoista

Sisalkuidun kokonaistuotanto oli noin 248 000 tonnia vuonna 2024.¹⁰² Sen tärkeimmät tuottajamaat ovat Brasilia, Tansania ja Kenia.^{103 104}

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Sisalkuitu on vahvaa ja kestävää. Kuitu on myös melko karkeaa ja taipumatonta.¹⁰⁵ Sisalkuidusta valmistetaan pääasiassa köysiä ja naruja. Siitä voidaan valmistaa myös hattuja, kä-

silaukkuja, mattoja, verkkoja ja säkkejä. Kuitua voidaan käyttää myös komposiittien ja kuitulujitteen betonin valmistukseen.¹⁰⁶

Tuotannon vastuullisuusnäkökulmat

Sisalkuitua voidaan pitää varsin ekologisenä tekstiilikuituna ja hyvänä vaihtoehtona synteettisille polymeereille, kuten esimerkiksi polypropeenille. Sisal kasvaa hyvin ympäri vuoden kuumilla ja kuivilla alueilla, jotka eivät usein sovellu muille viljelykasveille. Sisalkasvi on myös hyvin vastustuskykyinen erilaisille kasvisairauksille ja tuholaisille. Lisäksi se sitoo ilmasta huomattavia määriä hiili-dioksidia ja vähentää maaperän eroosiota laajan juuristonsa avulla.¹⁰⁷

Sisalin tuotantoprosessi on varsin ympäristöystävällinen, sillä sen sivuvirtoina syntyy pääasiassa orgaanista jätettä ja lehtijäämiä, jotka voidaan hyödyntää esimerkiksi bioenergian tuotannossa, eläinten rehuna tai rakennusmateriaalina.¹⁰⁸

Sisalin tuotanto on usein hyvin työvoimavaltaista, joten mahdollisten ympäristö- ja ihmisriskien tunnistaminen ja ennaltaehkäisy erityisesti riskimaissa tapahtuvan kuitutuotannon osalta vaatii yrityksiltä erityistä huolellisuutta.

Kuidun pituus	0,8–8 mm
Kuidun halkaisija	7–47 µm
Murtovenymä	2–3 %
Murtolujuus kuivana	35–45 cN/tex
Kosteuspitoisuus	11 %

Lähde: Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja älykkäät tekstiilit (s. 34); Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 43); Nawab, Y. (toim.) (2016), Textile Engineering: An introduction (s. 13)

Kuidun pituus	3–12 mm
Kuidun halkaisija	6–46 µm
Murtovenymä	2–4,5 %
Murtolujuus kuivana	32–69 cN/tex

Lähde: Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja älykkäät tekstiilit (s. 34); Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 43); Nawab, Y. (toim.) (2016), Textile Engineering: An introduction (s. 13)

Manilla (AB)

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Manillaa saadaan banaanikasveihin kuuluvan Musa textilis -kasvin lehtiruodista. Manillaa kutsutaan myös abacaksi.¹⁰⁹

Manillan lehdet leikataan, ja kuitukimput erotetaan ei-kuitumaisesta aineksesta koneellisesti tai mekaanisesti käsin. Erottelun jälkeen kuidut huuhdellaan ja kuivataan sekä tarvittaessa myös valkaistaan. Manillan lehtiruotien pituus vaihtelee kolmesta metristä jopa 7,5 metriin.¹¹⁰

Tärkeimmät tuottajamaat ja osuus globaaleista kuitumarkkinoista

Manillan kokonaistuotanto oli noin 109 000 tonnia vuonna 2024.¹¹¹ Manillan tärkeimmät tuottajamaat ovat Filippiinit ja Ecuador.¹¹²

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Manillakuidut ovat hyvin lujia kuituja ja ne kestävät hyvin vettä. Manilla on luonnonvalkoista ja kiiltävää kuitua.¹¹³

Manillan hienoimpia kuituja voidaan käyttää vaatetukseen, hattuihin ja kenkiin. Kuidusta valmistetaan kuitenkin pääasiassa köysiä, naruja

ja säkkejä, joita käytetään esimerkiksi merenkulussa, sillä manilla kestää hyvin suolaista merivettä.¹¹⁴ Manillaa voidaan käyttää myös korkealuokkaisen paperin valmistukseen, mattoihin ja mattojen taustamateriaalina.¹¹⁵

Tuotannon vastuullisuusnäkökulmat

Manillaa voidaan pitää varsin ekologisenä tekstiilikuituna. Manillan viljely parantaa maaperän laatua, torjuu eroosiota ja lisää luonnon monimuotoisuutta. Vahvan juuristonsa ansiosta manillan viljelyllä voidaan parantaa maaperän vedenpidätyskykyä sekä ehkäistä tulvia ja maanvyörymiä. Rannikkoalueilla abaca-kasvien istuttamisella voidaan myös turvata merikaloille tärkeiden lisääntymisalueiden säilyvyys.¹¹⁶

Manillan tuotanto on hyvin työvoimavaltaista, ja sen tuotanto on keskittynyt pääasiassa maihin, joissa käytetään paljon siirtotyövoimaa ja joissa sosiaaliseen vastuuseen ei välttämättä ole kiinnitetty erityistä huomiota. Tuotannon mahdollisten ympäristö- ja ihmisoikeusriskien tunnistaminen ja ennaltaehkäisy manillan tuotannossa vaatii sitä käyttäviltä yrityksiltä erityistä huolellisuutta.

Kenaf (KE)

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Kenaf on runkokuitua, jota saadaan malvakasvien heimoon kuuluvasta kasvista (*Hibiscus cannabinus*).¹¹⁷ Kenaf kuuluu samaan kasviperheeseen juutin kanssa, ja sitä kutsutaankin myös Jaavan juutiksi, Guinean hampuksi tai rosellahampuksi.¹¹⁸

Kasvi korjataan juuri ennen kukintoa tai kukinnan alkaessa, jolloin kasvin korkeus on n. 2,5–3,5 metriä.¹¹⁹ Kenaf-kuidun valmistusprosessi on korjuun jälkeen vastaava kuin juutilla. Varret liotetaan joko luonnonvesissä tai kemiallisesti, jotta kuitukimput saadaan irtoamaan kasvin puumaisesta aineksestä. Liotuksen jälkeen kuidut erotellaan käsin tai mekaanisesti.¹²⁰

Tärkeimmät tuottajamaat ja osuus globaaleista kuitumarkkinoista

Kenafia viljellään kuivilla alueilla Aasiassa, Afrikassa sekä Keski- ja Etelä-Amerikassa.¹²¹

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Kenaf-kuidulla on runkokuiduille ominaisia piirteitä, kuten lujuus. Kenaf on mekaaniselta kestoltaan heikompaa kuitua kuin juutti. Sen lujuus heikkenee vain vähän märkänä.¹²²

Kenafia on käytetty perinteisesti köysien, naruja ja säkkikankaiden valmistukseen. Hienommasta kuidusta valmistetaan myös mattoja. Kenafia käytetään juutin tapaan geotekstiilien ja suodattimien valmistukseen sekä komposiittien kuitulujitteena.¹²³ Kenaf-kuituja voidaan sekoittaa puuvillan kanssa langan valmistamiseksi.¹²⁴

Tuotannon vastuullisuusnäkökulmat

Kenafia pidetään varsin ekologisenä tekstiilikuituna. Tuotannon vastuullisuusnäkökulmat ovat hyvin samantyyppiset kuin esimerkiksi kapokilla.

Kuidun pituus	6 mm
Kuidun halkaisija	13–18 µm
Murtovenymä	2,7 %

Lähde: Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja älykkäät tekstiilit (s. 34)

Henequen

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Henequen (*Agave Fourcroydes*) on lähisukua sisalkuitua tuottavalle *Agave sisal*-lajille, ja sillä onkin samankaltaiset ominaisuudet sisalin kanssa.¹²⁵ Henequenä kutsutaan myös Yucatánin sisaliksi tai Kuuban sisaliksi.¹²⁶

Henequen kasvaa luonnossa 1,8 metriä korkeaksi, mutta viljeltäessä vain noin 90 senttimetriä korkeaksi kasviksi. Henequenin lehdet kasvavat jopa 1,8 metriä pitkiksi ja 10–15 senttiä leveiksi, ja ne ovat piikkikkäät ja väritykseltään harmaan vihreät. Kasvi kasvattaa noin 25 lehteä vuodessa ikävuosiensa 5–16. aikana. Kun uloisimmat lehdet saavuttavat täyden mittansa, ne leikataan tyven läheltä. Kuidut erotetaan lehdistä mekaanisesti siihen suunnitellulla koneella ja kuivataan auringossa. Kuivuneet, vaaleat 1,2–1,5 metriä pitkät kuidut harjataan, minkä jälkeen ne ovat valmiita lopullisten tuotteiden tuotantoa varten.¹²⁷

Tärkeimmät tuottajamaat ja osuus globaaleista kuitumarkkinoista

Henequen-kasvi on kotoisin Yucatánin alueelta Meksikosta, jossa suurin osa kuiduista tuotetaan. Myös Kuubassa on jonkin verran Henequen-kuidun tuotantoa.¹²⁸

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Henequenin ominaisuudet ovat hyvin samankaltaiset kuin sisalilla. Henequen-kuidut ovat vaaleita ja kiiltäviä, ja usein hieman hienompia kuin sisalkuidut.¹²⁹ Henequen on vahvaa kuitua, ja sillä on luonnollinen vastustuskyky merivesissä esiintyville mikro-organismeille. Siten se sopii erinomaisesti merenkäyntiin tarkoitettuihin köysiin.¹³⁰

Henequen-kuitua käytetään samoissa käyttötarkoituksissa kuin sisalkuitua, ja siitä valmistetaan köysiä ja naruja teollisuuteen, maatalouteen ja merenkulkuun. Henequenistä on valmistettu myös laukkuja, riippumattoja ja kengänpohjia.¹³¹

Tuotannon vastuullisuusnäkökulmat

Henequenin tuotannon vastuullisuusnäkökulmat ovat hyvin samantyyppiset kuin sisalilla.

”Henequen on vahvaa kuitua, ja sillä on luonnollinen vastustuskyky merivesissä esiintyville mikro-organismeille.”

Ananaskuitu (PALF)

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Ananaskuitua saadaan ananaskasvin (Ananas comosus) lehdistä.¹³² Kuitua kutsutaan myös lyhenneellä PALF, joka tulee sanoista pineapple leaf fiber.

Ananaskasvi kasvattaa jopa kaksi metriä pitkiä piikikkäitä lehtiä, joista kuidut kerätään. Ensimmäiset 3–5 lehteä kerätään noin vuoden päästä kasvin istuttamisesta. Kuidut kerätään tuoreesta lehdestä kaapimalla, ja samalla erotellaan ei-kuitumainen aines käsin kookoksen kuorta tai keraamisia apuvälineitä käyttäen. Ananaskuidun valmistus on hyvin aikaa vievää ja työvoimavaltaista.¹³³

Tärkeimmät tuottajamaat ja osuus globaaleista kuitumarkkinoista

Ananashedelmien tuotanto oli noin 51 miljoonaa tonnia vuonna 2016, mutta ananaksen tuotannon ohessa syntyvät lehdet päätyvät lähinnä maatalousjätteeksi, eikä kaikkia lehtiä hyödynnetä kuidun tuotantoon. On arvioitu, että ananaskuidun potentiaalinen globaali tuotanto voisi olla jopa 851 000 tonnia, mikäli kaikki maatalousjätteeksi päätyvä lehtiaines hyödynnettäisiin kuidun tuotannossa.¹³⁴

Tällä hetkellä ananaskuitua tuotetaan eniten Filippiineillä ja Taiwanissa. Kuitua tuotetaan myös muun muassa Brasiliassa, Havaijilla, Indonesiasa ja Intiassa.¹³⁵

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Ananaksen lehdestä kerättävät kuidut ovat norsunluunvalkoisia ja kiiltäviä.¹³⁶ Kuidut ovat hienompia ja pehmeämpiä kuin sisalkuidut. Kuidun hienouden takia ananaskuiduilla on taipumusta hajota helposti, joten sen työstäminen on hidasta ja hankalaa. Ananaskuituja sekoitetaan usein puuvillan, manillan, silkin tai polyesterin kanssa.¹³⁷

Ananaskuiduista valmistetaan pääasiassa vaatetekstiilejä ja asusteita.¹³⁸ Kuiduista voidaan valmistaa myös sisustustekstiilejä, laukkuja, mattoja, köysiä ja naruja. Perinteisesti ananaskuitua on käytetty Filippiinilaisten hääpukujen, juhlapukujen ja kansallispuvun Barong Tagalogin valmistamiseen.¹³⁹

Tuotannon vastuullisuusnäkökulmat

Ananaskuitua pidetään ekologisenä, sillä sen raaka-aine tulee elintarviketuotannon sivuvirtana.¹⁴⁰ Ananaksen viljely ja siihen liittyvä elintarviketuotanto on painottunut kehitysmaihin ja maaseudulle, joten sen tuotantoon liittyy usein myös sosiaalisen vastuun näkökulmia. Elintarviketeollisuuden alkutuotannossa on tunnistettu vastaavia ongelmia kuin esimerkiksi puuvillan tuotannossa, ja esimerkiksi siirtotyövoiman käyttö on varsin yleistä. Lisäksi tuotanto on usein kausiluonteista.¹⁴¹ Ongelmat ovat tyypillisesti hyvin syvälle juurtuneita, ja pitkissä tuotantoketjuissa ne ovat piiloutuneet kuluttajatuotteita valmistavien yritysten ulottumattomiin. Ananaskuitua käyttäviltä yrityksiltä vaaditaan pitkäjänteistä työtä läpinäkyvyyden lisäämiseksi ja mahdollisten riskien tunnistamiseksi.

”Ananaksen viljely ja siihen liittyvä elintarviketuotanto on painottunut kehitysmaihin ja maaseudulle, joten sen tuotantoon liittyy usein myös sosiaalisen vastuun näkökulmia.”

Vastuullisemmat vaihtoehdot

Ananaskuidusta valmistetaan myös vegaanista tekonahkaa muistuttavaa tekstiilimateriaalia, jota käytetään korvaamaan eläinperäistä nahkaa esimerkiksi laukuissa, takeissa ja kengissä. Kasviperäisen vaihtoehdon etuihin kuuluu se, että tuotanto ei vaadi vastaavaa parkitusprosessia kuin perinteinen nahka. Ananaskuidusta valmistettua tekstiilimateriaalia markkinoidaan kauppanimellä Piñatex™.¹⁴²

Kookos (CC)

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Kookoskuitua saadaan Cocos nucifera -kasvin pähkinän kuoresta.¹⁴³ Kookoskuituja voidaan kerätä kypsymättömän kookospähkinän kuoresta, jolloin saadaan valkoisia ja hienoja kuituja. Kuituja voidaan kerätä myös kypsistä kookospähkinöistä, jolloin kerättävät kuidut ovat karkeampia ja väriltään ruskeita.¹⁴⁴

Kookospähkinän kuitukerros irrotetaan pähkinästä käsin tai koneellisesti. Kookoskuitujen erottamiseksi kuitukerrosta liotetaan vedessä noin 2–6 viikkoa.¹⁴⁵ Liotuksen jälkeen kuidut puhdistetaan hakkaamalla ja häkilöimällä.¹⁴⁶

Tärkeimmät tuottajamaat ja osuus globaaleista kuitumarkkinoista

Vuonna 2024 kookoskuitu oli neljänneksi tuotetuin luonnonkuitu puuvillan, juutin ja villan jälkeen. Kookoksen tuotanto on noin 768 000 tonnia.¹⁴⁷ Sen merkittävimmät tuottajamaat ovat Intia, Sri Lanka, Vietnam ja Thaimaa.¹⁴⁸

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Kookoskuitu on suhteellisen paksua ja siten

myös jäykkää. Kookoskuitu on kuitenkin elastisempaa kuin muut kasvikuidut, ja sitä voidaan venyttää jopa 15–40 prosenttia. Kookoskuitu ei rypisty helposti. Kuitu kestää hyvin erilaisia sääolosuhteita, joten se sopii hyvin ulkokäyttöön.¹⁴⁹

Ruskeaa, karkeampaa kookoskuitua käytetään säkeissä, harjoissa, ovimatoissa, huonekalujen ja peitteiden täytteenä, ilmansuodattimisessa ja geotekstiileissä. Hienommasta valkoisesta kuidusta voidaan kehrätä lankoja ja köysiä, ja sitä voidaan käyttää muun muassa verhoilukan-kaisiin ja tuftattuihin sekä kudottuihin mattoihin.¹⁵⁰

Tuotannon vastuullisuusnäkökulmat

Kookoksen viljely parantaa maaperän laatua, ja sitä käytetäänkin laajasti korjaamaan eroosiosta aiheutuvia ongelmia.¹⁵¹

Kookoskuidun tuotanto on hyvin työvoimavaltaista, ja sen tuotanto on keskittynyt pääasiassa pienviljelijöille. Tuotannon mahdollisten ihmisoi-keusriskien tunnistaminen ja ennaltaehkäisy kookoskuidun tuotannossa vaatii yrityksiltä erityistä huolellisuutta.

Kuidun pituus	20 mm
Kuidun halkaisija	12–24 µm
Murtovenymä	16–40 %
Murtolujuus kuivana	12–20 cN/tex
Kosteuspitoisuus	13 %

Lähde: Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja älykkäät tekstiilit (s. 34); Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 43); Nawab, Y. (toim.) (2016), Textile Engineering: An introduction (s. 13); Sinclair, R. (toim.) (2014), Textiles and Fashion: Materials, Design and Technology (s. 42)

Eläinkuidut

Eläinkuiduksi luokitellaan kuidut, jotka ovat eläinten, hyönteisten tai nilviäisten muodostamia proteiinikuituja. Jokaisella eläinkuidulla on erilainen proteiinirakenne, joka erottaa kuidut toisistaan. Eläinkuidut voidaan jakaa eläinten karvatuppien muodostamiin kuituihin, hyönteisten kehruurauhasten tuottamiin kuituihin ja nilviäisten tuottamiin kuituihin. Pääsääntöisesti eläinkuiduilla on korkeampi murtovenymä kuin kasvikuiduilla, mutta alhaisempi lujuus.¹⁵² Eläinkuitujen osuus maailman kuitutuotannosta on varsin pieni, alle prosentin vuonna 2024.¹⁵³

Yleisesti eläinkuidut ovat ominaisuuksiltaan kevyitä, lämpimiä, luonnostaan biohajoavia ja paljon kosteutta imeviä.

”Pääsääntöisesti eläinkuiduilla on korkeampi murtovenymä kuin kasvikuiduilla, mutta alhaisempi lujuus.”

Villa (WO)

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Villa on pääasiassa keratiinista muodostuva proteiinikuitu, jota keritään erilaisista lammaslajeista.¹⁵⁴ Villan on spekuloitu olevan ensimmäisiä kuituja, jotka on kehrätty langaksi.¹⁵⁵ Lammaskuituja on jalostettu pitkälle villantuotantoa varten, ja nykyään villaa tuottavia lammaskuituja on kymmeniä. Villa voidaan jakaa hienoon villaan (merinolampaiden villa), keskihienoon villaan (down-rodut), peitinvillaan ja sekavillaan. Villan kuituhienous vaihtelee hienoimmasta 14 mikrometristä karkeampaan 40 mikrometriin.¹⁵⁶

Lampaat keritään yleensä kerran vuodessa keväisin. Karitsoilta villa keritään ensimmäistä kertaa noin kahdeksan kuukauden iässä, ja tätä villaa kutsutaan karitsanvillaksi.¹⁵⁷ Useimmiten lampaat keritään vielä käsin, vaikka koneelli-

nen robotiikkaa hyödyntävä kerintälaite on myös keksitty. Lampaasta saatavan raakavillan määrä vaihtelee 2,7–8,1 kilon välillä, ja kerittävä villa pyritään saamaan mahdollisimman yhtenäisenä irti. Kerityn villan painosta noin 30–70 prosenttia on villarasvoja, villahikeä ja muita epäpuhtauksia, jotka poistetaan villan jatkokäsittelyissä.¹⁵⁸

Kerinnän jälkeen lampaanvilla lajitellaan laadun mukaan. Paras villa saadaan lampaan hartioilta ja sivuilta, ja sitä käytetään vaatteiden valmistukseen. Heikompilaatuinen villa saadaan lampaan sääristä, ja tästä valmistetaan yleensä mattoja.¹⁵⁹

Epäpuhtauksien poistamiseksi villa pestään emäksisessä kylvyssä, joka sisältää vettä, saippuaa, soodaa tai muuta vastaavaa alkalia. Pesun jälkeen villa usein öljytään, jotta sitä on helpompi käsitellä seuraavissa vaiheissa.¹⁶⁰

Pesun ja öljyämisen jälkeen villakuidut karsataan. Karstaaminen suoristaa kuituja haluttuun suuntaan ja poistaa myös viimeisiä epäpuhtauksia kuiduista. Kampalankaa varten kuiduista erotellaan lyhyimmät kuidut pitkistä ja asetetaan kuidut samansuuntaisesti langan kehruuta varten.¹⁶¹

Villakuidut tarttuvat hyvin toisiinsa, joten langan kehruu on suhteellisen helppoa. Kuidut kehrätään ensin säikeille, joista muodostetaan yhtenäinen lanka. Säikeiden määrä riippuu halutun langan paksuudesta.¹⁶²

Tärkeimmät tuottajamaat ja osuus globaaleista kuitumarkkinoista

Villaa tuotettiin vuonna 2024 noin 1,1 miljoona tonnia, mikä on alle prosentti globaalista kuitutuotannosta.¹⁶³

Villaa tuotetaan laajasti ympäri maailmaa. Tärkeimmät tuotantomaat ovat kuitenkin Kiina, Australia ja Uusi-Seelanti. Euroopassa suurin villantuottajamaa on Iso-Britannia, joka vastaa noin kolmen prosentin osuudesta villan kokonaistuotannosta.¹⁶⁴

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Villalla on monia erinomaisia ominaisuuksia. Villalla on hyvä lämmöneristyskyky, kosteudensiirtokyky, joustavuus ja värjäntyvyys. Villalla on myös korkea murtovenymä ja se palautuu hyvin venytyksestä sekä painaumista. Villa ei myöskään rypisty helposti. Villan suomurakenne hylkii vettä ja likaa, joten villasta valmistettuja tuotteita ei tarvitse pestä kovin usein.¹⁶⁵ Villan kemiallisessa rakenteessa on myös paljon tyyppä, joten se on luonnostaan paloturvallinen kuitu. Villa syttyy kyllä, mutta sammuu itsestään, kun palonlähde poistetaan.¹⁶⁶

Villan heikkouksiin lukeutuvat puolestaan huono tuhohyönteisten kesto. Villakuidut ovat esimerkiksi vaatekoin ja turkiskuojaisten ravintoa.¹⁶⁷ Villan lujuus heikkenee märkänä ja villatuotteet menettävät muotonsa helposti pestessä, joten ne tulee pestä hellävaraisesti.¹⁶⁸ Villakuidulle on tunnusomaista vanuminen, joka voi olla sekä huono että hyvä ominaisuus. Valmiiden tuotteiden, kuten villapuseroiden kutistumista ja vanumista pyritään estämään vanumattomuuskäsittelyillä. Huopatuotteissa vanumista pyritään sen sijaan aikaansaamaan.



Kuidun pituus	25–400 mm
Kuidun halkaisija	12–70 µm
Lämmönkesto	130 °C
Murtovenymä	25–35 %
Murtolujuus kuivana	9–15 cN/tex
Murtolujuus märkänä	Vähenee n. 20 %
Kosteuspitoisuus	13 %

Lähde: Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 52–53);
Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja älykkäät
tekstiilit (s. 43)

Villaa käytetään monipuolisesti vaatetuksessa, sisustustekstiileissä, teknisissä tekstiileissä ja lääketieteellisissä tarkoituksissa. Villasta saadaan hienoja, laadukkaita neuleita ja pukukankaita, paksuja takkikankaita, urheiluvaatteita ja alusvaatteita.¹⁶⁹ Sisustuksessa villaa käytetään muun muassa verhoilukankaissa, matoissa ja huovissa. Villa soveltuu erinomaisesti myös julkisten tilojen verhoiluun paloturvallisten ominaisuuksiensa takia. Villaa käytetään myös esimerkiksi makuualustana estämässä painehaavojen muodostumista, sillä villa tasaa painetta.¹⁷⁰

Tuotannon vastuullisuusnäkökulmat

Villan tuotannon merkittävimmät ympäristövaikutukset syntyvät lampaiden kasvatuksesta. Lampaiden kasvatus vaatii suuria maapinta-aloja ja aiheuttaa maaperän eroosiota. Lisäksi lampaiden virtsasta ja ulosteista syntyy typpi- ja fosforipäästöjä, jotka voivat aiheuttaa vesistöjen rehevöitymistä. Märehtiessään lampaista aiheutuu myös metaanipäästöjä.¹⁷¹ wMetaani on hiilidioksidin ohella yksi merkittävimmistä ilmastomuutokseen vaikuttavista kasvihuonekaasuista.

Villakuidut täytyy myös pestä epäpuhtauksista ja rasvasta. Pesu kuluttaa vettä ja kuormittaa jätevesiä, sillä pesuveteen irtoaa runsaasti hapenkulutusta lisäävää orgaanista ainetta ja mahdollisesti jätteitä hyönteismyrkyistä. Vettä ja kemikaaleja kuluu runsaasti myös villan jatkokäsittelyssä, kuten esimerkiksi valkaisussa.¹⁷²

Villan tuotantoon liittyy vastuullisuuskysymyksiä myös eläinten hyvinvoinnin näkökulmasta. Joitakin lammaslajeja, kuten merinolampaita, on jalostettu pitkälle puhtaasti villan tuotannon näkökulmasta. Jalostuksen myötä merinolampaiden iho on poimuuntunut villan tuotannon maksimoimiseksi. Suuri ihopinta-ala ja villan paino rasittavat lammasta fyysisesti. Ihon poimuihin kertyy myös helposti virtsaa ja hikeä, mikä houkuttaa lihakärpäsiä pesiytymään lampaiden takareisiin. Tämän estämiseksi suurissa villantuotantomaissa, kuten esimerkiksi Australiassa ja Uudessa-Seelannissa, lampaille on tehty kivulias ta kirurgista mulesing-toimenpidettä.¹⁷³ Tänä päivänä mulesing-menetelmän käyttö on Australiaa lukuun ottamatta suurissa villantuotantomaissa kielletty.

”Villalla on hyvä lämmöneristyskyky, kosteudensiirtokyky, joustavuus ja värjäntyvyys.”

Eläinten epäasialliseen kohteluun liittyvien riskien tunnistaminen ja ennaltaehkäisy eläinkuitujen tuotannossa vaatii yrityksiltä huolellista taustatyötä sekä pitkäjänteistä yhteistyötä omien yhteistyökumppaneiden kanssa.

Vastuullisemmat vaihtoehdot

Villan tuotannon negatiivisia vaikutuksia ja erityisesti eläinten hyvinvointia pyritään edistämään erilaisilla sertifikaateilla ja ohjelmilla, jotka ohjaavat villantuottajia kestävämpiin ja vastuullisempiin toimintatapoihin. Lisäksi villa on arvokas materiaali, jonka uudelleenkäytöllä ja kierrätyksellä on jo pitkät perinteet.

Kierrätetyn villan osuus kaikesta villan tuotannosta vuonna 2023 oli noin kuusi prosenttia.¹⁷⁴ Villaa voidaan kierrättää mekaanisesti vanhoista villavaatteista ja villan tuotannon ylijäämästä. Arvokkainta kierrätysvillaa on puhdas kampaus-, karstaus-, kehruu- ja kutomisvaiheessa syntyvä ylijäämä. Mekaanisessa kierrätyksessä käytetyt villatuotteet avataan uudelleen kuiduiksi. Mekaaninen käsittely lyhentää kuituja ja heikentää siten langan kehrättävyyttä. Kierrätettyyn villaan voidaan kuitenkin lisätä kehräysvaiheessa neitseellistä villaa tai muita kuituja laadun parantamiseksi. Heikompileatuinen kierrätysvilla soveltuu myös sellaisenaan erinomaisesti moniin teknisiin tarkoituksiin, kuten esimerkiksi eristemateriaaleiksi, pehmusteiksi tai öljynimeytysmateriaaleiksi.¹⁷⁵ Kierrätetyn villan etuna on alhaisempi maan ja kemikaalien kulutus. Lisäksi kierrätysvillan käyttö vähentää tarvetta uuden villan tuotannolle.

Villaa voidaan tuottaa myös luonnonmukaisin menetelmin. Luomuvillan tuotannossa ei hyväksytä keinotekoisien hyönteismyrkkien käyttöä, lampaiden ravinnon tulee olla luonnonmukaisesti tuotettu ja lammasmäärät pidetään rajattuina eroosion välttämiseksi. Luomuvillana myytävä ja markkinoitava villa on aina kolman-

nen osapuolen sertifioimaa. Eniten käytettyjä luomuvillan sertifiointijärjestelmä ovat Global Organic Textile Standard (GOTS) ja Organic Content Standard (OCS).

Perinteiselle villalle on tarjolla myös muita vastuullisempia vaihtoehtoja. Esimerkiksi Responsible Wool Standard (RWS) -sertifioitu villa takaa, että villantuottajat ovat sitoutuneet eläinten hyvinvoinnin ja vapauden kunnioittamiseen, maaperän elinvoimaisuuden edistämiseen sekä työntekijöiden terveyden ja turvallisuuden varmistamiseen. Muita samankaltaisia villan sertifiointijärjestelmiä ovat muun muassa New Zealand Merino Company (ZQ) ja Certified Wildlife Friendly® (CWF).¹⁷⁶

Viime vuosina keskustelua on herättänyt myös suomalaisen lampaan villa, joka on aiemmin päätenyt suurimmaksi osaksi hävitettäväksi, sillä villan hinta ei ole riittänyt kattamaan kerinnän, villan lajittelun ja kuljetusten kustannuksia. Kotimaisen villan kysyntä on kuitenkin lisääntynyt ja suomenlampaanvillan kaupallista tuotantoa on pyritty edistämään erilaisten hankkeiden kautta.¹⁷⁷

Mohair (WM)

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Mohairkuituja saadaan angoravuohen villasta. Angoravuohet ovat alun perin lähtöisin Turkin Ankaran seudulta.¹⁷⁸ Mohairkuidun hallitseva väri on valkoinen, mutta kuitua saadaan myös ruskeana, mustana ja punaisen eri sävyissä.¹⁷⁹

Angoravuohen villa kasvaa noin 2–2,5 senttimetriä kuukaudessa, ja villa keritään yhdestä kahteen kertaan vuodessa.¹⁸⁰ Nuorista angoravuohista kerättyä villaa kutsutaan Kid Mohairiksi tai Super Kid Mohairiksi, ja ensimmäinen kerintä angoravuohelle tehdään noin puolen vuoden ikäisenä. Angoravuohet tuottavat iästä, sukupuolesta ja ravinnosta riippuen 1,5–6 kiloa villaa vuodessa.¹⁸¹

Kerimisen jälkeen kuidut lajitellaan lajeittain ja laaduittain, jotta lopullinen lanka on mahdollisimman laadukasta. Lajittelun jälkeen kuidut pestään mohairin epäpuhtauksista, joita kuiduissa on

huomattavasti vähemmän kuin villalla. Kuitujen pesussa menetetään yleensä noin 15–20 prosenttia kuitumassasta. Kun kuidut on pesty epäpuhtauksista, ne voidaan karstata, eli kuidut harjataan haluttuun suuntaan ennen langan valmistusta.¹⁸²

Tärkeimmät tuottajamaat ja osuus globaaleista kuitumarkkinoista

Vuonna 2023 mohairia tuotetiin maailmanlaajuisesti noin 4 580 tonnia.¹⁸³ Synteettisten teko- kuitujen kehittäminen on haastanut mohairin tuotantoa, sillä esimerkiksi akryyliä on kehitetty jäljittelemään mohairin ominaisuuksia.¹⁸⁴

Mohairin ylivoimaisesti suurin tuottajamaa on Etelä-Afrikka, joka vuonna 2023 tuotti noin 54 prosenttia mohairin globaalista tuotannosta. Muita merkittäviä mohairin tuotantomaita ovat muun muassa Lesotho, Argentiina & Turkki.¹⁸⁵

Kuidun pituus	125–150 mm
Kuidun halkaisija	14–90 µm
Murtovenymä	30 %
Murtolujuus kuivana	17 cN/tex
Murtolujuus märkänä	Alhaisempi kuin kuivana

Lähde: Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 56)

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Kuiturakenteeltaan mohair muistuttaa villaa, mutta on ominaisuuksiltaan hieman kiiltävämpää ja kimmoisampaa, ja sen veto- ja hankauslujuus on parempi kuin villalla.¹⁸⁶ Mohair myös huopuu vähemmän kuin villa. Mohair on yksi kestävimmistä eläinkuiduista ja sen elastisuus on erittäin hyvä, sillä mohair palautuu 130 prosentin venytyksestä alkuperäiseen muotoonsa.¹⁸⁷ Mohairkuidulla on erinomainen värjäntyvyys, ja kuitua voidaan värjätä kirkkaillakin sävyillä hyvin pysyvin lopputuloksin. Mohairkuitu pystyy imemään kosteutta jopa 30 prosenttia tuntumatta märältä, joten kuitu soveltuu hyvin kosteaan kesäilmastoon. Hyvän lämmöneristävyytensä takia mohair sopii loistavasti myös kylmälle säälle.¹⁸⁸

Mohairia käytetään niin vaatetustekstiileissä kuin sisustustekstiileissä. Mohair sopii hyvin pukukankaisiin, huiveihin, huopiin, verhoilukankaisiin ja mattoihin. Kestävyytensä vuoksi mohairkuitua käytetään usein myös vaativissa julkisen tilan verhoilukankaissa. Mohair soveltuu hyvin myös käsityö- ja efektilankoihin, jotka ovat mohairin perinteisiä käyttötarkoituksia.¹⁸⁹ Mohairkuitu on muihin eläinkuituihin verrattuna erittäin kevyttä, joten se on suosittu kuitu laadukkaissa huovissa ja kodintuotteissa.¹⁹⁰

Tuotannon vastuullisuusnäkökulmat

Angoravuohet laiduntavat yleensä korkeilla tasan- goilla muille tuotantoeläimille ja -kasveille sovel- tumattomissa paikoissa, joten mohairin tuotanto ei vie viljelykelpoista maapinta-alaa esimerkiksi ruoan tuotannolta.¹⁹¹ Eläinten laiduntamisesta

syntyy kuitenkin vastaavalla tavalla ilmastovaiku- tuksia kuin esimerkiksi villan tuotannossa.

Mohairin tuotannossa käytetään jonkun verran kemikaaleja loisten häätämiseksi. Nämä voivat kulkeutua kuidun kerinnän jälkeisessä pe- sussa jätevesien mukana ympäristöön. Kaikkein haitallisimpien kemikaalien käyttö on kuitenkin nykyään kielletty tai rajoitettu mohairin suurim- missa tuotantomaissa.¹⁹²

Eläinkuitujen tuotantoon liittyy vastuulli- suuskysymyksiä aina myös eläinten hyvinvoinnin näkökulmasta. Eläinten oikeuksia valvova kan- sainvälinen järjestö PETA on nostanut mohairin tuotannon osalta esille erityisesti eläinten epä- asiallisen kohtelun suurilla tuotantotiloilla Ete- lä-Amerikassa. Tiloilla nuorille angoravuohille on PETA:n mukaan suoritettu muun muassa nupou- tusta eli sarvien alkujen polttamista, mikä aiheut- taa eläimille pitkäaikaista kipua.¹⁹³

Eläinten epäasialliseen kohteluun liittyvien riskien tunnistaminen ja ennaltaehkäisy eläin- kuitujen tuotannossa vaatii yrityksiltä huolellista taustatyötä sekä pitkäjänteistä yhteistyötä omien yhteistyökumppaneiden kanssa.

Vastuullisemmat vaihtoehdot

Mohairin tuotannon negatiivisia vaikutuksia pyritään ehkäisemään ja eläinten hyvinvointia edistämään erilaisilla vapaaehtoisilla sertifi- kaateilla. Tällaisia ovat esimerkiksi Responsib- le Mohair Standard (RMS) ja Certified Wildlife Friendly® (CWF). Kriteerit ovat hyvin saman- tyyppiset kuin vastaavilla villan sertifiointijär- jestelmillä.¹⁹⁴

”Mohair on yksi kestävimmistä eläinkuiduista ja sillä on erinomainen värjäytyvyys.”

Kashmir (WS)

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Kashmirkuitua saadaan Intian ja Pakistanin rajaseudulta Himalajalta kotoperäisestä kashmir-vuohesta (Capra hircus laniger).¹⁹⁵ Kashmirkuitu on tunnettua harvinaisuutensa ja pehmeytensä vuoksi, ja se luokitellaan luksuskuiduksi korkean hintansa takia. Kashmirvuohet kasvavat 60–80 senttimetriä korkeiksi ja 40–60 kiloa painaviksi eläimiksi, jotka elävät keskimäärin noin seitsemän vuotta. Yksi kashmirvuohi tuottaa vain 100–160 grammaa hienompaa ja halutumpaa alusvil-laa vuodessa.¹⁹⁶

Kashmirkuidun suurimmissa tuotantomais-sa vuohia ei yleensä keritä villan tai mohairin tapaan, vaan karva kammataan karvanlähdön aikaan, joka kestää keväisin noin 3–6 viikkoa. Kashmirvuohen irronneita kuituja kerätään myös vuohien elinympäristön lähistöltä. Kashmirvuohia myös keritään Iranin, Afganistanin, Australian ja Uuden-Seelannin alueilla. Kashmirkuidun jatko-käsittely vaatii paljon kädentaitoja, sillä kuidut laji-

tellaan usein käsin värin ja laadun perusteella. La-jittelun jälkeen kuidut putsataan epäpuhtauksista, ja siitä kuidut matkaavat langantuotantoon.¹⁹⁷

Tärkeimmät tuottajamaat ja osuus globaaleista kuitumarkkinoista

Kashmirkuidun kokonaistuotanto oli noin 25 600 tonnia vuonna 2023.¹⁹⁸

Suurin kashmirkuidun tuotantomaa on Kii-na, jonka osuus kashmirin kokonaistuotannosta on noin 69 prosenttia.¹⁹⁹

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Kashmir on erittäin hieno kuitu, josta valmiste-tut tuotteet ovat pehmeitä, lämpimiä ja kauniisti laskeutuvia.²⁰⁰ Kashmirkuidut ovat yleensä hyvin tasalaatuisia ja yhtenäisiä.²⁰¹

Kashmirkuiduista valmistetaan sekä kam-pa- että karstalankoja. Kashmirin pääasiallinen käyttöalue on vaatetustekstiileissä, ja siitä val-mistetaan paljon neulepaitoja.²⁰² Hienommat

kashmirlaadut soveltuvat hyvin myös takkeihin ja pukukankaisiin. Karheampia peitinkarvoja käyte-tään mattojen ja huopien valmistukseen.²⁰³

Tuotannon vastuullisuusnäkökulmat

Kashmirin tuotantoon liittyvät pitkälti samat ym-päristönäkökohdat kuin muiden laiduntavien eläinkuitujen tuotantoon. Kalliina ja arvostettuna raaka-aineena kashmirin kysyntä on viime vuosi-na kasvanut ja tuotanto lisääntynyt. Haasteen tälle aiheuttaa se, että kashmirin tuotanto on keskitty-nyt pitkälti alueille, jotka ovat jo valmiiksi kärsi-neet kuivuudesta ja aavikoitumisen uhasta.²⁰⁴ Tuo-tannolla voi näin ollen olla negatiivisia vaikutuksia myös lähialueella asuvien ihmisten terveyteen ja heidän ruokansa ja juomavetensä saatavuuteen.

Eläinkuitujen tuotantoon liittyy vastuulli-suuskysymyksiä aina myös eläinten hyvinvoinnin

näkökulmasta. Epäasialliseen kohteluun liittyvien riskien tunnistaminen ja ennaltaehkäisy eläin-kuitujen tuotannossa vaatii yrityksiltä huolellista taustatyötä sekä pitkäjänteistä yhteistyötä omien yhteistyökumppaneiden kanssa.

Vastuullisemmat vaihtoehdot

Kashmirin tuotannon negatiivisia vaikutuksia py-ritään ehkäisemään ja eläinten hyvinvointia edis-tämään erilaisilla vapaaehtoisilla sertifikaateilla. Tällaisia ovat esimerkiksi The Good Cashmere Standard (GCS), Agronomeset Vétérinaires Sans Frontiers (AVSF), The Responsible Nomads (RN), The Sustainable Fiber Alliance (SFA) ja The Wild-life Conservation Society (WCS).²⁰⁵ Sertifiointijär-jestelmien kriteerit ovat hyvin samantyyppiset kuin vastaavilla muiden eläinperäisten kuitujen sertifiointijärjestelmillä.

Lähde: Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 58)

Cashgora

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Cashgorakuitua saadaan eläimestä, joka on syntynyt risteyttämällä angoravuohia ja kashmirvuohia. Eläimestä saadaan pehmeämpää alusvillaa ja karkeampaa peitinkarvaa.²⁰⁶

Tärkeimmät tuottajamaat ja osuus globaaleista kuitumarkkinoista

Cashgorakuidun tuotanto oli suosituimmillaan 90-luvulla, jolloin kuidun tuotannon arviotiin olevan noin 200 tonnia vuodessa. Vuonna 2000 cashgorakuidun tuotannon arvioitiin pudonneen noin 60 tonniin.²⁰⁷ Nykyään cashgoraa tuotetaan enää hyvin vähän.²⁰⁸

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Cashgorakuidusta valmistetaan pääasiassa vaate- ja tekstiilejä, kuten pukukankaita, takkeja ja huiveja. Cashgoraa pidetään sopivampana kudottuihin tekstiileihin, vaikka sitä on käytetty myös neuleissa, kuten muun muassa sukissa ja alusvaatteissa.²⁰⁹

Cashgorakuidun rakenne muistuttaa enemmän mohairia kuin kashmiria. Kuidun hinta on noin puolet kashmirin hinnasta.²¹⁰

”Cashgorakuitua saadaan eläimestä, joka on syntynyt risteyttämällä angora- ja kashmirvuohia.”

Kuidun pituus	18–23 mm
Kuidun halkaisija	30–90 µm

Lähde: Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 58)

Alpakka (WP)

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Alpakkakuitua saadaan laamaeläimiin kuuluvasta alpakasta (Lama pacos).²¹¹ Alpakat ovat kotoisin Eteläisen Perun Andeilta 3–5 kilometrin korkeudesta. Alpakoita on pidetty kotieläiminä jo ainakin 6000 vuotta niistä saatavien kuitujen ja lihan takia. Alpakka kasvaa noin 90 senttimetriä korkeaksi ja 65–80 kiloa painavaksi. Alpakka elää parhaimmillaan 20-vuotiaaksi, mutta tuottaa kuitua parhaimmillaan vain 10 vuoden ajan.²¹²

Alpakka tuottaa noin 3–5 kiloa kuitua vuodessa riippuen eläimen iästä, ja se keritään yleensä puolentoista vuoden välein. Alpakkakuituja on useissa eri väreissä: valkoisena, mustana, ruskean eri sävyisinä ja värien sekoitteina.²¹³

Tärkeimmät tuottajamaat ja osuus globaaleista kuitumarkkinoista

Alpakkakuidun kokonaistuotanto oli noin 6 200 tonnia vuonna 2023.²¹⁴ Alpakkakuidun suurin tuottaja on edelleen Peru, mutta sitä tuotetaan kuitenkin pienissä määrin ympäri maailmaa. Pienempiä tuottajamaita ovat muun muassa Kolumbia, Yhdysvallat ja Australia. Alpakkaa pidetään kotieläimenä kuiduntuotantoa varten myös Suomessa.²¹⁵

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Alpakkakuidut ovat pitkiä, pehmeitä, kiiltäviä, joustavia ja kestäviä.²¹⁶ Alpakkakuituja saadaan useissa erilaisissa luonnollisissa väreissä, joten

kuitujen värjääminen ei aina ole välttämätöntä.²¹⁷ Alpakkakuitua voidaan käyttää neuleisiin, pukukankaisiin, verhoilukankaisiin, sukkiin ja talviasusteisiin.²¹⁸

Tuotannon vastuullisuusnäkökulmat

Alpakkaa pidetään yhtenä ekologisimmista eläinkuiduista, sillä alpakat laiduntavat yleensä muille tuotantoeläimille soveltumattomissa paikoissa. Alpakilla ei myöskään ole samanlaisia kavioita kuin vuohilla ja lampailla, joten niiden laiduntaminen ei aiheuta samalla tapaa maaperän eroosiota kuin esimerkiksi vuohien ja lampaiden. Alpakain laiduntamisesta syntyy kuitenkin arvioiden mukaan vastaavalla tavalla metaani- ja kasvihuonekaasupäästöjä kuin esimerkiksi villan tuotannossa.²¹⁹

Alpakkakuidun etuihin ympäristönäkökulmasta kuuluu myös se, että se ei sisällä samalla tavalla lanoliinia tai rasvaa kuin villa. Tästä syystä alpakkakuitu voidaan pestä ilman voimakkaita pesuaineita, eikä pesu näin ollen kuormita samalla tavalla jätevesiä.²²⁰

Vastuullisemmat vaihtoehdot

Alpakkakuidun valmistuksen vastuullisuutta edistämään ja osoittamaan on huhtikuussa 2021 lanseerattu uusi sertifiointijärjestelmä Responsible Alpaca Standard (RAS). Responsible Alpaca Standardin tavoitteena on edistää eläinten hyvinvointia ja valvoa vastuullisen maankäytön toteutumista.²²¹

Kuidun pituus	18–23 mm
Kuidun halkaisija	30–90 µm

Lähde: Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 58)

Kuidun pituus	60–110 mm
Kuidun halkaisija	13–14 µm

Lähde: Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 61)

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Angorakaneja (Oryctolagus cuniculus) kasvatetaan yksinomaan hienojen ja pehmeiden kuitujensa vuoksi. Kuidut ovat yleisimmin valkoisia, mutta myös värillisiä angorakaneja on olemassa.²²²

Angorakanit keritään tai nypitään kolmen kuukauden välein.²²³ Yhdestä angorakanista saadaan noin 400–1200 grammaa kuitua vuodessa. Naaraskanit tuottavat yleensä 25–30 prosenttia enemmän karvaa.²²⁴

Tärkeimmät tuottajamaat ja osuus globaaleista kuitumarkkinoista

Angorakuidun kokonaistuotanto vuonna 2023 oli noin 500 tonnia.²²⁵ Kuidun tärkein tuottajamaa on Kiina, joka tuottaa noin 90 prosenttia maailman angorakuidusta. Kiinan lisäksi kuitua tuotetaan myös Ranskassa, Itä-Euroopassa, Chilessä, Etelä-Amerikassa ja Yhdysvalloissa.²²⁶

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Angorakuitu on erittäin pehmeää, kiiltävää ja

kevyttä.²²⁷ Kuidut ovat myös hyvin puhtaita, sillä kanit tuottavat vain kaksi prosenttia eritteitä omasta painostaan, ja ne myös puhdistavat oman turkkinsa.²²⁸

Angorakuitu on erittäin hienoa ja suoraa, joten sitä on vaikea kehrätä langaksi. Angoraa sekoitetaan usein muiden kuitujen kuten villan kanssa, jotta langan suorituskyky on parempi.²²⁹

Angorakuitua käytetään pääasiassa sekoitteena muiden kuitujen kanssa neuletuotteissa, huovutetuissa tuotteissa, hatuissa ja käsineissä.²³⁰

Tuotannon vastuullisuusnäkökulmat

Eläinkuitujen tuotantoon liittyy aina vastuullisuuskysymyksiä eläinten hyvinvoinnin näkökulmasta. Eläinsuojelujärjestöt ovat nostaneet esiin angorakanien epäasiallisen kohtelun kuidun suurimmassa tuotantomaassa Kiinassa. Tapauksissa angorakaneille on aiheutettu tarpeetonta kärsimystä kuidun keräyksessä.²³¹ Useat suuret vaatteiden tuotemerkit ja jälleenmyyjät ovat kieltäneet angorakuidun käytön eläinten hyvinvointiin liittyvien huolenaiheiden vuoksi.²³²

Jakki (WY)

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Jakkikuitua saadaan Himalajan, Mongolian ja Keski-Aasian alueella esiintyvistä eläimestä. Kuitua on käytetty Himalajan alueella jo yli tuhat vuotta, mutta viime aikoina kuitua on otettu käyttöön myös kansainvälisessä muotiteollisuudessa.²³³ Aikuinen jakki painaa noin 350 kiloa ja tuottaa 1,5 kiloa kuitua vuodessa, josta vain noin 100 grammaa on hienoa untuvavillaa.²³⁴

Jakkikuitu kerätään kerran vuodessa myöhään keväällä tai alkukesästä. Kuitu kerätään kampaamalla tai nyppimällä irtoavat karvat eläimestä. Jakkivasikasta kerättävät kuidut ovat hienoimpia ja aikuisesta jakista kerättävä kuitu on karkeampaa.²³⁵

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Jakkikuitu on hengittävää, hajuja hylkivää ja luonnollisesti antibakteerista. Kuidulla on me-

rinovillan kaltainen kyky imeä kosteutta ja siirtää se ympäristöön, joten jakkikuidusta valmistetut tuotteet auttavat kehon lämpötilan säätelmissä. Jakkikuidut ovat lujia ja joustavia verrattuna muihin luonnonkuituihin.²³⁶

Hienoa alusvillaa käytetään lämpimien vaatteiden valmistukseen, kuten takkikankaisiin, villapaitoihin ja huopiin. Karkeampaa peitinkarvaa käytetään köysien, telttojen, laukkujen, mattojen ja säkkien valmistamiseen.²³⁷

Tuotannon vastuullisuusnäkökulmat

Jakkikuidun tuotantoon liittyvät pitkälti samat ympäristönäkökohdat kuin muiden laiduntavien eläinkuitujen tuotantoon. Eläinkuitujen tuotantoon liittyy vastuullisuuskysymyksiä aina myös eläinten hyvinvoinnin näkökulmasta.

Kuidun pituus	110–180 mm
Kuidun halkaisija	15–30 µm
Murtovenymä	6–25 %
Murtolujuus kuivana	8–10,4 cN/tex
Kosteuspitoisuus	15,6–16,5 %

Lähde: Das, P.J., et al. (2017), The Yak Wool (s. 47); Markova, I. (2019), Textile Fiber Microscopy: A Practical Approach

Kameli (WK)

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Kamelikuitua saadaan kaksikyttyräisestä kame-
lista. Kamelit elävät pääasiallisesti Mongoliassa ja
pohjoisessa Kiinassa, jossa nämä käyttävät ravin-
nokseen karvasta kasvillisuutta, joka ei sovi muil-
le lajeille ravinnoksi.²³⁸

Kashmirkuidun tavoin kamelin karva ke-
rätään keväällä harjaamalla, leikkaamalla tai
nyppimällä irtoavia karvatuppoja. Karva lähtee
irtoamaan ensin kaulan alueelta, sitten harjasta
ja lopulta muualta ruumiista. Karvanlähtö kestää
kameleilla noin 6–8 viikkoa. Kamelikuituja on
kahdenlaista; ulkopinnassa on karkeaa peitinkar-
vaa ja alla pehmeämpää alusvillaa.²³⁹ Yksi kameli
tuottaa noin 2,3–3,6 kg kuitua vuodessa.²⁴⁰

Tärkeimmät tuottajamaat ja osuus globaaleista kuitumarkkinoista

Kamelikuidun tärkeimmät tuottajamaat ovat
Mongolia ja Kiinan pohjoisosa. Näiden lisäksi ka-
melikuitua tuotetaan Tiibetissä, Afganistanissa,

Iranissa, Venäjällä, Kiinassa, Uudessa-Seelannis-
sa ja Australiassa.^{241 242}

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Kamelikuidun ominaisuudet ovat lähellä villan
ominaisuuksia. Kamelista valmistetut tuotteet
ovat pehmeitä.²⁴³

Kamelin pehmeää alusvillaa käytetään pääasiassa
vaatetuksessa muun muassa päällystakeissa, ja-
kuissa ja neuleissa. Karkeampaa peitinkarvaa käy-
tetään teknisiin tarkoituksiin, kuten esimerkiksi
köysiin, telttoihin ja maton taustakankaana.²⁴⁴

Tuotannon vastuullisuusnäkökulmat

Kamelikuidun tuotantoon liittyvät pitkälti samat
ympäristönäkökohdat kuin muiden laiduntavien
eläinkuitujen tuotantoon. Eläinkuitujen tuotan-
toon liittyy vastuullisuuskysymyksiä aina myös
eläinten hyvinvoinnin näkökulmasta.

Kuidun pituus	35–400 mm
Kuidun halkaisija	16–120 µm
Murtovenymä	30 %
Murtolujuus kuivana	17 cN/tex

Lähde: Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 59)

Laama (WL)

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Laaman kuituja saadaan kerättyä laaman (Lama
glama) karvasta. Laama on kotieläin, josta saa-
daan pehmeää alusvillaa ja karkeaa peitinkarvaa.
Rakenteeltaan laama muistuttaa alpakkaa, mutta
on sitä hieman isompi.²⁴⁵ Täysikasvuinen laama
painaa 110–200 kiloa ja on noin 150–180 sentti-
metriä korkea pääläelle.²⁴⁶ Laaman kuidusta noin
80 prosenttia on hienompaa alusvillaa ja loput 20
prosenttia karkeaa peitinkarvaa.²⁴⁷

Laama keritään kahden vuoden välein. Vaik-
ka koneellinen kerintä on keksitty, useimmiten
laamat keritään käsin. Laaman karvan kasvu on
70–100 millimetriä vuodessa, ja yhdestä laamasta
saadaan 2–5 kiloa karvaa. Kuidun pituus vaihtelee
80–250 millimetrin välillä ja kuidun halkaisija on
19–38 millimetriä.²⁴⁸

Tärkeimmät tuottajamaat ja osuus globaaleista kuitumarkkinoista

Laamoja kasvatetaan eniten Boliviassa, Perussa ja
Yhdysvalloissa.²⁴⁹

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Laaman hienompaa alusvillaa voidaan käyttää
sellaisenaan tai sekoitteena ulkovaatteissa ja neu-
letuotteissa. Karkeampaa peitinkarvaa käytetään
köysien, punoksien, mattojen ja karkeiden vaat-
teiden valmistamiseen.²⁵⁰

Tuotannon vastuullisuusnäkökulmat

Laamojen kuidun tuotantoon liittyvät pitkälti sa-
mat ympäristönäkökohdat kuin muiden laidun-
tavien eläinkuitujen tuotantoon. Eläinkuitujen
tuotantoon liittyy vastuullisuuskysymyksiä aina
myös eläinten hyvinvoinnin näkökulmasta.

”Laaman hienompaa alusvillaa
voidaan käyttää sellaisenaan tai
sekoitteena ulkovaatteissa ja
neuletuotteissa.”

Vikunja (WG)

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Vikunja on kamelieläimistä pienin, kooltaan vain 124–132 senttimetriä korkea ja painoltaan 35–65 kiloa.²⁵¹ Vikunja on villieläin, eikä tämän karvaa tuoteta teollisella mittakaavalla. Tämän ja hyvin manuaalisen prosessin takia vikunja on kallein vaatekuitu maailmassa. Vikunjan luonnollinen elinympäristö sijaitsee Andien keskiosan puoli-kuivilla nurmialueilla 3600–5000 metrin korkeudessa.²⁵²

Vikunjat ovat villieläimiä, joten niiden karvan keruu eroaa muista kuidun tuotantoon tarkoitetuista eläimistä paljon. Vikunjan karvat keritään kerran noin 18 kuukaudessa. Eläimet kootaan paimentamalla ne yhteen, jotta karva päästään

kerimään. Vikunjasta saadaan kerralla 85–550 grammaa kuitua, josta vain pieni osa on hienoa ja käyttökelpoista kuitua.²⁵³

Kuidut lajitellaan edelleen käsin, jotta suurin osa hienoista kuiduista saadaan irrotettua. Lajittelun jälkeen kuidut lähetetään Italiaan käsiteltäväksi, kehrättäväksi ja kudottavaksi.²⁵⁴

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Vikunjan kuituja pidetään hienoimpina, pehmeimpinä ja myös harvinaisimpina eläinkuituina maailmassa, ja täten ne ovat myös kalleimpia tekstiilikuituja markkinoilla.²⁵⁵

Vikunjan kuiduista valmistetaan pukukankaita, päällystakkikankaita ja huiveja.²⁵⁶

”Vikunja on kallein vaatekuitu maailmassa.”

Kuidun pituus	20–25 mm
Kuidun halkaisija	12–15 µm

Lähde: Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 60)

Guanako (WU)

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Guanaco (Lama hunchus tai Lama guanicoe) on laamaeläin, joka vikunjan tavoin elää luonnossa villinä. Guanaco on vikunjaa aggressiivisempi eläin, joten sen kuitua ei tuoteta kaupallisesti.²⁵⁷

Guanacon elinympäristö sijaitsee Etelä-Amerikassa vuoristoalueilla. Guanacot keritään samalla tapaa kuin vikunjat, eli eläimet paimennetaan

yhteen, keritään ja tämän jälkeen vapautetaan jälleen luontoon. Guanacokuidun hinta on puolet vikunjan hinnasta.²⁵⁸

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Guanacon kuidusta valmistetaan pukukankaita, päällystakkikankaita ja huiveja.²⁵⁹

Kuidun halkaisija 14–16w µm

Lähde: Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 61)

Silkki (SE)

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Silkki on proteiinikuitu, jota saadaan silkkiperhosen (Bombyx mori) toukan koteloista eli kokongeista. Silkkiperhosen toukat syövät ainoastaan mulperipuun lehtiä, joten silkkiperhosta kutsutaan myös mulperiperhoseksi.²⁶⁰ Silkkikuitu on ainoa luonnollinen filamenttikuitu, eli jatkuva kuitu. Yksi toukan kokongi voi tuottaa jopa 1600 metriä kuitufilamenttia. Kuituja voidaan käytännössä liittää toisiinsa helposti serisiinillä, eli kuidun liimana toimivalla valkuaisaineella.²⁶¹

Silkkiä valmistetaan kahdessa erilaisessa vaiheessa loisten aiheuttamien tautien leviämisen estämiseksi. Ensimmäinen vaihe on silkkiperhosen munien tuottaminen, jota varten valitaan terveet kokongit, josta toukkien annetaan kuoriutua perhosiksi, pariutua ja munia. Yksi perhonen munii noin 350–500 munaa, jotka puhdistetaan, pakataan ja toimitetaan varsinaisille silkin viljelijöille.²⁶²

Viljelijöiden luona munien annetaan kuoriutua toukiksi. Toukkavaihe pyritään ajoittamaan mulperipuiden lehtien satoaikaan, jolloin toukille on paljon ravintoa. Yhtä raakasilkkikiloa kohden toukka syö 250–300 kiloa mulperipuun lehtiä. Toukka syö ravintoaan 28–38 päivän ajan, minkä jälkeen se hakeutuu koteloitumaan kehruukehikon oksalle. Toukka rupeaa kehräämään ympärileen koteloa kuidusta, ja tämä kestää noin kolmen vuorokautta. Kuitu koostuu kahdesta proteiinista: fibroiinista ja serisiinistä. Kolmen vuorokauden jälkeen valmiit kokongit kerätään ennen kuin toukat kuoriutuvat ja rikkovat kokongin, ja toukat koteloiden sisällä tapetaan kuumalla ilmalla tai vedellä.²⁶³

Tärkeimmät tuottajamaat ja osuus globaaleista kuitumarkkinoista

Silkin kokonaistuotanto oli noin 85 370 tonnia vuonna 2023.²⁶⁴ Sen osuus globaaleista kuitu-

markkinoista on alle 0,1 prosenttia.²⁶⁵ Silkin suurin tuotantomaa on Kiina 55 prosentin tuotanto-osuudella. Toiseksi suurin silkin tuottajamaa on Intia 40 prosentin osuudella.²⁶⁶

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Silkki on erittäin pehmeää ja vahvaa kuitua, joka pystyy imemään jopa 30 prosenttia kosteutta itseensä tuntumatta märältä.²⁶⁷ Silkki sopii kesä- ja talvivaatteisiin, sillä lämpimällä säällä silkki tuntuu viileältä iholla, mutta silkillä on myös erinomaiset lämmöneristysominaisuudet.²⁶⁸

Silkin valon- ja säänkesto on huono, ja silkki menettää lujuuttaan UV-säteilylle altistettuna.²⁶⁹

Silkkiä käytetään monipuolisesti vaatetuksessa ja sisustuksessa. Silkkikankaita valmistetaan ohuesta sifongista paksumpaan samettiin.²⁷⁰ Silkistä voidaan valmistaa mekkoja, puseroita, huiveja, verhoilukankaita, verhoja ja lakanoita.²⁷¹

Tuotannon vastuullisuusnäkökulmat

Silkin tuotannon keskeiset vastuullisuuskysymykset liittyvät mulperipuiden kasvatukseen, tuotannossa käytettyihin kemikaaleihin, veden ja energian kulutukseen sekä eläinten oikeuksiin.

Silkin osuus globaaleista kuitumarkkinoista on vähäinen, mutta se on edelleen merkittävä tekstiiliteollisuuden ala tietyillä alueilla. Kiinassa silkintuotanto tarjoaa työpaikan noin miljoonalle työntekijälle ja Intiassa elinkeinon noin 700 000 kotitaloudelle. Silkin tuotanto ja jatkokäsittely ovat hyvin työvoimavaltaisia prosesseja, joten työntekijöiden oikeuksiin ja työturvallisuuteen liittyvien riskien tunnistaminen ja ennaltaehkäisy tuotantoketjussa vaatii silkkiä käyttäviltä yrityksiltä erityistä huolellisuutta.²⁷²

Silkin tuotannolla on myös merkittäviä ympäristövaikutuksia. Yksi hehtaari mulperipuuta

tuottaa noin 11 tonnia lehtiä, mutta niistä saadaan vain noin 200 kiloa koteloita ja lopulta vain 40 kiloa raakasilkkiiä. Parhaan mahdollisen lehtisaannon aikaansaamiseksi silkin tuotantoon tarkoitettujen mulperipuiden kasvatuksessa käytetään usein torjunta-aineita ja lannoitteita, vaikka yleensä mulperipuut eivät niitä vaatisi. Lannoitteiden käytöllä on lähialueiden vesistöjä rehevöittävä vaikutus. Silkin tuotanto vaatii myös runsaasti vettä ja energiaa. Prosessin energiantensiivisin vaihe on kokonien keittäminen, jossa energiaa kuluu runsaasti vesien lämmittämiseen. Vettä käytetään keittämisen lisäksi esimerkiksi silkin puhdistamiseen ja serisiinin poistamiseen.²⁷³

Silkin tuotantoon liittyy vastuullisuuskysymyksiä myös eläinten hyvinvoinnin näkökulmasta. Perinteisessä silkin tuotannossa silkkiperhosen toukat tapetaan kuumalla ilmalla tai höyryllä ennen niiden kuoriutumista, jotta ne eivät vahingoittaisi filamenttia kuoriutuessaan.²⁷⁴

Vastuullisemmat vaihtoehdot

Villisilkkiksi kutsutaan silkkiä, jota saadaan muiden kuin mulperiperhosten tuottamista kuiduista. Villisilkkiiä saadaan muun muassa Antheraea-suvun perhosten toukkien kokongeista. Villisilkin yleisimpiä lajeja kutsutaan usein tussah-silkiksi tai tasar-silkiksi.²⁷⁵ Tussah-silkkiä tuottavat perhoset syövät ravinnokseen tammen lehtiä, jotka

antavat tussah-silkille ominaisen ruskeahkon värin.²⁷⁶ Villisilkin valmistus vastaa mulperisilkin valmistusta, mutta kehruussa Antheraea-toukat jättävät kokongin toisen pään avoimeksi ja sulkevat sen serisiinillä. Kehräämisen jälkeen toukka kuoriutuu serisiinikohdasta, joten kokongi ei vahingoitu. Tussah-silkkikokongit voidaan kerätä vasta perhosen kuoriutumisen jälkeen, joten toukia ei tarvitse tappaa prosessissa.²⁷⁷ Villisilkkiiä tuottavat toukat tuottavat myös filamenttikuitua, mutta sen kerääminen on yleensä hieman hankalampaa. Tästä syystä villisilkki saatetaan kehrätä langaksi lyhyemmistä kuiduista.²⁷⁸ Villisilkkiiä tuotetaan huomattavasti vähemmän kuin mulperisilkkiiä, sillä sen tuotanto on ollut vain noin 3 000 tonnia vuonna 2017.²⁷⁹

Silkin tuotannon negatiivisia vaikutuksia pyritään ehkäisemään ja eläinten oikeudet turvaamaan myös erilaisilla vapaaehtoisilla sertifiikaateilla. Tällaisia vaihtoehtoja tavanomaiselle silkille ovat esimerkiksi luomusilkki, Reilun kaupan silkki, kierrätetty silkki ja ahimsa-menetelmällä tuotettu silkki, jota valmistetaan vahingoittamatta silkkitoukkia. Silkin tuotantoon soveltuvia sertifiointijärjestelmiä ovat esimerkiksi Indian National Programme for Organic Production (NPOP), Organic Content Standard (OCS), Global Organic Textile Standard (GOTS), Certified Wildlife Friendly® ja World Fair Trade Organization (WFTO).²⁸⁰

Kuidun pituus	Filamentti
Kuidun halkaisija	13–25 µm
Lämmönkesto	140 °C
Murtovenymä	20–25 %

Murtolujuus kuivana	30–44 cN/tex
Murtolujuus märkänä	Vähenee n. 20 %
Kosteuspitoisuus	11 %

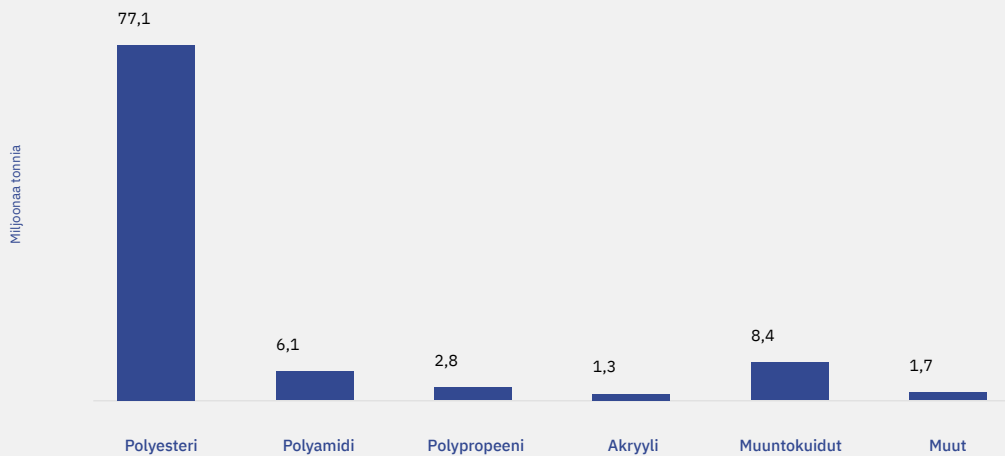
Lähde: Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 64)

3. Tekokuidut

Tekokuidut voivat olla peräisin uusiutuvista tai uusiutumattomista raaka-aineista, ja ne jaetaan alkuperänsä mukaan muuntokuituihin, synteettisiin tekokuituihin ja epäorgaanisiin kuituihin. Valmistusprosessissa raaka-aineet muutetaan nesteeksi tai dispersioksi lämmön tai sopivan liuottimen avulla. Tekokuiduille on yhteistä, että niiden ominaisuuksia voidaan muokata valmistusprosessin aikana.

Tekokuituja voidaan valmistaa eri menetelmillä, kuten sula-, kuiva- ja märkäkehrulla. Näiden kolmen lisäksi käytetään myös ilmarako- ja geelikehruuta, mutta niiden käyttö on vähäisempää. Menetelmä valitaan sen mukaan, miten polymeeri saadaan muuttumaan nestemäiseen olomuotoon ja kuitusäikeet kiinteytymään. Esimerkiksi sulakehruu soveltuu sulaville ja termostabiileille polymeereille, kuten polyesterille ja polyamidille.

Tekokuitujen tuotanto 2024



Lähde: Fiber Year 2025

Muuntokuidut

Muuntokuitujen raaka-aineena käytetään selluloosaa tai proteiinia, minkä vuoksi muuntokuidut jaotellaan selluloosa- tai proteiinimuuntokuituihin.

Selluloosamuuntokuiduista yleisimpiä ovat viskoosi, modaali, lyocell ja kupro. Kuitujen raaka-aineena käytetään yleisimmin eri puulajeista, kuten eukalyptuksesta, pyökistä, kuusesta, männystä tai koivusta, saatavaa selluloosaa. Raaka-aineksi sopivat myös ruohovartiset kasvit, kuten bambu ja muut selluloosaa sisältävät kasvit. Selluloosamuuntokuituja voidaan valmistaa myös kierrätetystä, selluloosaa sisältävästä materiaalista.²⁸¹

Muuntokuitujen valmistusprosessit eroavat toisistaan selluloosaan liuotukseen käytettävien kemikaalien perusteella. Märkäkehruu on yleisimmin käytetty muuntokuitujen valmistusmenetelmä. Vuonna 2024 selluloosamuuntokuituja tuotettiin noin 8,4 miljoonaa tonnia, ja niiden osuus globaalista kuitutuotannosta oli noin 6,5 prosenttia.²⁸²

Proteiinimuuntokuitujen valmistus on vähäisempää ja jäänyt pitkälti syrjään synteettisten teko- kuitujen tultua markkinoille.²⁸³ Proteiinimuuntokuituja voidaan valmistaa proteiineja sisältävistä eläin- tai kasvipohjaisista raaka-aineista, kuten maitoperäisestä kaseiinista, soijasta, maapähkinästä ja maissitärkkelyksestä.²⁸⁴

”Selluloosamuuntokuitujen raaka-aineena käytetään yleisimmin eri puulajeista, kuten eukalyptuksesta, pyökistä, kuusesta, männystä tai koivusta, saatavaa selluloosaa.”

Viskoosi (CV)

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Viskoosia valmistetaan uuttamalla selluloosaa liuottimilla. Viskoosia voidaan valmistaa erilaisista selluloosaa sisältävistä kasveista, kuten bambusta ja sitrushedelmien kuorista, mutta viskoosin yleisin raaka-aine on kuitenkin puumassa.²⁸⁵

Viskoosin valmistus on monivaiheinen kemiallinen prosessi, jossa käytetään useita haitallisia kemikaaleja. Valmistus aloitetaan puhdistamalla ja uuttamalla selluloosaa natriumhydroksidilla (NaOH). Puhdistetusta ja uutetusta selluloosasta puristetaan arkkeja, jotka hajotetaan selluloosamuruksi. Selluloosamuru jätetään muutamaksi päiväksi vanhenemaan.²⁸⁶

Tämän jälkeen selluloosamuruun lisätään hiilisulfidia (CS2), joka muuntaa puhdistetun sel-

luloosan selluloosaksantaatiksi. Kolmen tunnin jälkeen selluloosa liuotetaan jälleen nestemäiseen muotoon natriumhydroksidin avulla. Neste jätetään kypsymään.²⁸⁷

Kypsymisen jälkeen neste puristetaan keuruusuulakkeen reikien läpi kehuunesteeseen, joka sisältää rikkihappoa (H2SO4), natriumsulfaattia (Na2SO4) ja sinkkisulfaattia (ZnSO4). Aineiden yhdistelmästä tapahtuu kemiallinen reaktio, jossa ksantaatti muuttuu jälleen selluloosaksi hienojen selluloosafilamenttien muodossa.²⁸⁸

Puristamisen jälkeen kuidut ovat vielä hauraita, joten ne menevät venytysprosessin läpi. Venytyksen jälkeen kuidusta pestään pois rikkihapon ja muiden kemikaalien jäämät, ne valkaistaan ja kuivataan. Tämän jälkeen kuidut ovat valmiita kehrittäväksi.²⁸⁹

Kuidun pituus	Yleensä 40–135 mm
Kuidun halkaisija	0,9–5,0 dtex
Lämmönkesto	°C
Murtovenymä	15–40 %
Murtolujuus kuivana	18–33 cN/tex
Murtolujuus märkänä	Vähenee n. 30 %
Kosteuspitoisuus	13 %

Lähde: Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 92)

Tärkeimmät tuottajamaat ja osuus globaaleista kuitumarkkinoista

Viskoosin osuus selluloosamuuntokuiduista oli 80 prosenttia vuonna 2024.²⁹⁰ Viskoosin kokonaistuotanto oli 6,2 miljoonaa tonnia. Viskoosin osuus maailman kuitutuotannosta oli noin viisi prosenttia.²⁹¹

Viskoosin suurin tuottajamaa on Kiina, joka 2000-luvun ensimmäisellä vuosikymmenellä nelinkertaisti viskoosin tuotantokapasiteetin. Kiina vastasi 70 prosentista maailman viskoosikatkokuidun tuotannosta vuonna 2024.²⁹²

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Viskoosi on hyvin pehmeä kuitu, ja sillä on silkkiä vastaava kiilto ja laskostuvuus. Viskoosi imee itseensä paljon kosteutta, joten se tuntuu iholla viileältä ja miellyttävältä.²⁹³ Kosteana viskoosi tuntuu painavalta, ja sillä on alhainen märkälujuus.

Viskoosi ei ole elastinen tai kimmoisa kuitu. Sillä on huono hankauslujuus, joten se ei sovellu kovaan kulutukseen. Viskoosilla on myös huono valon- ja säänkestävyys. Kuitu kestää varastointia kuivana, mutta kosteissa olosuhteissa mikro-organismit

saattavat vaurioittaa sitä. Sokeritoukat ja koiperhosen toukat voivat myös syödä kuitua.²⁹⁴ Viskoosi rypistyy helposti käytössä ja kutistuu märkänä.

Viskoosia käytetään monipuolisesti vaatteissa, kodintekstiileissä, teollisuudessa sekä terveydenhuollon ja lääketieteen tekstiileissä. Miellyttävän tuntunsa vuoksi sitä käytetään paljon ihoa lähellä olevissa vaatteissa. Viskoosiin sekoitetaan usein myös muita kuituja parantamaan sen ominaisuuksia, jolloin siitä voidaan valmistaa esimerkiksi pukukankaita. Hyvän kosteudenimukykynsä ja puuvillaa edullisemman hintansa ansiosta viskoosia käytetään paljon myös erilaisissa haavanhoito-, hygieni- ja pyyhintätuotteissa.

Tuotannon vastuullisuusnäkökulmat

Viskoosin tuotannolla on merkittäviä ympäristövaikutuksia, sillä valmistuksessa käytetään runsaasti haitallisia kemikaaleja, vettä ja energiaa.

Viskoosin valmistuksessa käytettävä rikkihiili on myrkyllinen kemikaali, jonka pitkäaikainen altistus aiheuttaa keskushermostovaurioita. Lyhyessäkin altistuksessa rikkihiilen on todettu aiheuttavan silmä- ja hengitystieoireita sekä

”Viskoosi on hyvin pehmeä kuitu, ja sillä on silkkiä vastaava kiilto ja laskostuvuus.”

haittaa sikiöiden kehitykselle. Lisäksi rikkihiili on erittäin räjähdysaltis kemikaali.²⁹⁵ Myös hiili-sulfidin on todettu häiritsevän hormonitoimin-taa ja aiheuttavan altistuneille jopa Parkinsonin tautia, sydänkohtauksia ja aivohalvauksia. Vis-koosin tuotantoprosessia on pyritty kehittämään niin, että haitalliset kemikaalit pystytään nykyään suurimmaksi osaksi kierrättämään prosessissa. Suurimmassa vaarassa haitallisten kemikaalien altistumiselle ovat kuitenkin viskoositehtaiden työntekijät sekä tehtaiden lähialueella asuvat ih-miset, sillä viskoosituotantolaitosten poistoilman mukana ympäristöön kulkeutuu haitallisia kaasu-ja. Lisäksi viskoositehtaiden ympäristössä on ra-portoitu vesistöjen pilaantumista.²⁹⁶

Viskoosin tuotanto vaatii myös runsaasti vettä ja energiaa. Yhden kuitutonnin valmistuk-seen käytetään noin 800 000 litraa vettä. Lisäksi energiaa kuluu itse prosessiin sekä lisäksi teh-dastilojen lämmittämisen ja ilmastointiin. Vis-koosin ympäristövaikutukset riippuvat lopulta siitä, kuinka paljon vettä ja kemikaaleja kierrä-tetään prosessissa ja millä tavalla tuotannossa käytetty energia tuotetaan.²⁹⁷ Myös tuotantopai-kalla on merkitystä, sillä Euroopassa viskoosin tuotantoa säätelee tiukempi lainsäädäntö kuin Kiinassa. Euroopassa myös hiilisulfidin kaltaiset vaarallisimmat kemikaalit on korvattu vaihto-ehtoisilla kemikaaleilla ja tuotanto toteutetaan yleensä suljetussa kierrossa.²⁹⁸

Viskoosin tuotantoon liittyy myös huoli metsien hakkuista. Kansainvälinen Rainforest Action Network on arvioinut, että 120 miljoonaa

puuta kaadetaan vuosittain vaatteiden valmis-tusta varten.²⁹⁹

Vastuullisemmat vaihtoehdot

Vastuullista metsien hoitoa ja sitä kautta myös kestävämpää viskoosin tuotantoa pyritään edis-tämään Forest Stewardship Council (FSC) ja Pro-gram for the Endorsement of Forest Certification (PEFC) -sertifikaattien avulla. FSC- ja PEFC-serti-fikaatit edellyttävät, että viskoosin valmistukseen käytettyä metsää hoidetaan kestävällä tavalla niin ympäristön kuin ihmisten näkökulmasta. Viskoo-sin tuotannosta noin 55–60 prosenttia on FSC- tai PEFC-sertifioituista selluloosasta valmistettua.³⁰⁰

Markkinoilla on myös bambukuidusta tuo-tettua viskoosia, jota markkinoidaan usein ekolo-gisempänä vaihtoehtona perinteiselle viskoosille. Ekologisuus perustuu bambun nopeaan kasvuun, mutta ei muuta itse kuidun valmistusprosessia.

Viskoosin korvaaminen tulevaisuudessa muilla vähemmän kemikaaleja kuluttavilla sel-luloosamuuntokuiduilla on yksi keino vähentää tekstiilituotannosta aiheutuvia ympäristövaiku-tuksia. Esimerkiksi Itävaltalaisen Lenzing-yhtiön kehittämä Ecovero™ on aiempaa ympäristöystä-vällisempi viskoosi, jonka tuotannossa hiilidioksi-dipäästöt ja vedenkulutus ovat puolet pienemmät tavalliseen viskoosiin verrattuna ja raaka-aineena käytetty puu on FSC- tai PEFC-sertifioitua.

Kauppanimet

Viskoosin toinen kutsumanimi on rayon.³⁰¹ Kuitua myydään muun muassa kauppanimellä Veocel™.

Lyocell (CLY)

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Lyocellia valmistetaan pääasiassa eukalyptus-puusta peräisin olevasta selluloosasta.³⁰² Kuidun valmistuksessa käytetään orgaanisia liuotti-mia, joista yleisin on N-metyylimorfoliinioksidi (NMMO).³⁰³

Lyocell-kuidun tuotantoprosessi on huomata-vasti lyhyempi ja ympäristölle harmittomampi kuin viskoosikuidun tuotantoprosessi. Lyocell-kuidun valmistamiseen menee noin kahdeksan tuntia, siinä missä viskoosin prosessoimisessa menee yleensä noin 40 tuntia.³⁰⁴

Lyocell-kuidut valmistetaan ilmarakokehruu-menetelmällä. Kuidut valmistetaan sekoittamalla selluloosasta, vedestä ja NMMO:sta liuos, joka pu-ristetaan suulakkeiden läpi ilmaan. Tämän jälkeen muodostuneet kuitufilamentit käytetään vettä ja NMMO:ta sisältävässä kehruukylvyssä, jossa kui-tufilamentit regeneroituvat takaisin kiinteäksi sel-

luloosaksi. Lopuksi kuidut pestään, viimeistellään ja kuivataan ennen langan kehruuta.³⁰⁵

Tärkeimmät tuottajamaat ja osuus globaaleista kuitumarkkinoista

Lyocellin osuus selluloosamuuntokuiduista oli noin 4 prosenttia ja globaalista kuitutuotannosta 0,29 prosenttia. Lyocell on kolmanneksi eniten tuotettu selluloosamuuntokuitu, ja sitä tuotettiin noin 370 000 tonnia vuonna 2023.³⁰⁶

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Lyocell on vahvaa ja pehmeää kuitua. Kuidulla on hyvä kosteudenimukyky ja myös kosteutta siirtä-vät ominaisuudet. Lyocellilla on korkea märkä- ja kuivalujuus. Kuitu myös värjäantyy helposti kirk-kaisiinkin väreihin.³⁰⁷

Lyocellia käytetään farkkujen, mekkojen, tak-kien, puseroiden, urheiluvaatteiden ja yöpukujen

Murtovenymä	14 %
Murtolujuus kuivana	36 cN/tex
Murtolujuus märkänä	Vähenee n. 20 %

Lähde: Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 96)

valmistukseen. Lyocellista tehdään myös kodin-
tekstiilejä.³⁰⁸

Tuotannon vastuullisuusnäkökulmat

Lyocellia pidetään ekologisena vaihtoehtona vis-
koosille, sillä sen pääraaka-aineena käytetään
yleensä eukalyptuspuuta, joka kasvaa nopeasti
eikä vaadi keinokastelua tai torjunta-aineiden
käyttöä. Lisäksi lyocellin valmistusprosessi voi-
daan toteuttaa suljetussa kierrossa, mikä vähen-
tää veden ja kemikaalien kulutusta.³⁰⁹

Vastuullisemmat vaihtoehdot

Vastuullista metsien hoitoa ja sitä kautta myös kes-
tävämpää lyocellin tuotantoa pyritään edistämään
Forest Stewardship Council (FSC) ja Program for
the Endorsement of Forest Certification (PEFC)

-sertifikaattien avulla. FSC- ja PEFC-sertifikaatit
edellyttävät, että lyocellin valmistukseen käytettyä
metsää hoidetaan vastuullisesti kestäväällä tavalla
niin ympäristön kuin ihmisten näkökulmasta.

Perinteisen lyocellin rinnalle on tullut myös
lyocellia, jonka raaka-aineista osa tulee tekstiilite-
ollisuuden ylijäämästä tai vanhoista puuvillavaat-
teista. Kemiallisen kierrätysprosessin avulla näillä
kierrätysraaka-aineilla pystytään korvaamaan osa
lyocellin valmistusprosessissa käytetystä puusta ja
näin säästämään luonnonvarojen kulutusta. Täl-
laista lyocellia myydään kauppanimellä Refibra™.

Kauppanimet

Lyocellia myydään muun muassa kauppanimillä
Tencel®, Refibra™ ja Veocel™.

Kupro (CUP)

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Kuproa valmistetaan kupari-ammoniakkimene-
telmällä, ja sen raaka-aineena käytetään yleisim-
min puuvillalintteriä, eli puuvillakuitujen valmis-
tukseen sopimatonta puuvilla-ainesta.³¹⁰

Kupron valmistus on nopeampi prosessi kuin
viskoosin valmistus. Kuproa valmistetaan liuotta-
malla selluloosaa kuparihydroksidin ja ammoni-
akkihydroksidin vesiliuoksessa. Viskoosin tavoin
liuos puristetaan keruusuulakkeen suuttimen läpi
kaksivaiheiseen kehruukylpyyn. Ensimmäisessä
kehruukylvyssä on vain vettä ja toisessa kehruu-
kylvyssä laimeaa rikkihappoliuosta. Kehruekyl-
vyissä selluloosa regeneroituu, eli muodostuu
takaisin kiinteäksi selluloosaksi filamenttikuidun

muodossa. Kehruekylpyjen jälkeen kuidut pes-
tään, kiillotetaan ja kuivataan.³¹¹

Tärkeimmät tuottajamaat ja osuus
globaaleista kuitumarkkinoista

Kuproa tuotettiin noin 10 000 tonnia vuonna
2023.³¹² Kupron osuus selluloosamuuntokuitujen
tuotannosta oli noin 0,2 prosenttia.³¹³

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Kuprokuidut muistuttavat tunnultaan ja ulkonä-
öltään silkkiä. Kuprokuidut ovat hyvin ohuita, hie-
noja ja kiiltäviä.³¹⁴

Kupron käyttö tekstiilikuituna on melko vä-
häistä, mutta sitä käytetään useimmiten satiinien,

sifonkien ja muiden ohuiden kankaiden valmistuk-
seen. Kuprosta voidaan valmistaa ilta-asuja, vuori-
kankaita, alusvaatteita ja puseroita. Kuitua käyte-
tään silkkiä jäljittelevissä tuotteissa, sillä kuprolla
on paremmat pesunkesto-ominaisuudet.³¹⁵

Tuotannon vastuullisuusnäkökulmat

Kuproa pidetään yleisesti ottaen melko vastuulli-
sena tekstiilikuituna, sillä sen raaka-aineena käy-
tetään puuvillantuotannon sivuvirtoja. Silkkiin
verrattuna kupron tuotantoon ei myöskään liity
eläinten oikeuksiin liittyviä kysymyksiä.

Kupron tuotannolla on kuitenkin merkittäviä
ympäristövaikutuksia, sillä valmistus vaatii noin
40 prosenttia kuparia ja noin 65–80 prosenttia
ammoniakkia selluloosan painosta. Prosessissa
muodostuva kuparisulfaatti on myrkyllistä, joten

se tulee ottaa talteen ja jätevedet käsitellä asian-
mukaisella tavalla. Viskoosin valmistukseen ver-
rattuna kupron valmistusprosessi vaatii kuitenkin
vähemmän energiaa ja siinä syntyy vähemmän
haitallisia päästöjä.³¹⁶

Koska kupron raaka-aineena käytetään
puuvillantuotannon sivuvirtoja, niin valmis-
tusetjun kautta myös kuproon liittyy samoja
ihmisoikeuksiin liittyviä kysymyksiä kuin puu-
villan tuotantoon. Mahdollisten riskien tunnistam-
inen ja ennaltaehkäisy vaatii kuproa käyttävil-
tä yrityksiltä pitkäjänteistä työtä läpinäkyvyyden
lisäämiseksi.

Kauppanimet

Kuproa myydään muun muassa kauppanimellä
Bemberg™.

Murtovenymä	10–17 %
Murtolujuus kuivana	21–28 cN/tex
Murtolujuus märkänä	Vähenee n. 15 %

Lähde: Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 96)

Modaali (CMD)

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Modaali on selluloosakuitu, jonka raaka-aineena käytetty selluloosa saadaan yleensä pyökkipuista. Modaalia voidaan valmistaa erilaisilla menetelmillä, mutta viskoosimenetelmä on niistä yleisin. Modaalin erottaa viskoosista erilaisen kuiturakenteen perusteella, ja modaalilla on myös viskoosia suurempi selluloosapitoisuus.³¹⁷

Tärkeimmät tuottajamaat ja osuus globaaleista kuitumarkkinoista

Modaalin kokonaistuotanto oli noin 210 000 tonnia vuonna 2023. Sen osuus selluloosamuuntokuitujen kokonaistuotannosta oli noin 3 prosenttia, ja maailman koko kuitutuotannosta 0,16 prosenttia.³¹⁸

Suurimman osan maailman modaalista valmistaa itävaltalainen Lenzing-yhtiö. Lenzingillä on tuotantolaitoksia Itävallassa, Tšekin tasavallassa, Isossa-Britanniassa, Kiinassa, Indonesiassa ja Yhdysvalloissa.³¹⁹

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Modaalin ominaisuudet ovat pitkälti samanlaiset kuin viskoosilla, mutta kuidut voidaan erottaa toisistaan niiden kuiturakenteen perusteella. Modaali on erittäin pehmeää, ja sillä on viskoosiin verrattuna erittäin korkea märkälujuus. Modaalikuidut eivät myöskään kutistu tai menetä muotoaan märkänä kuten viskoosi.³²⁰

Modaali on erittäin luja ja konepestävä kuitu, joten sitä käytetään usein alusvaatteissa, yöasuissa ja vapaa-ajan vaatteissa.³²¹

Tuotannon vastuullisuusnäkökulmat

Modaalia pidetään yleensä ekologisena vaihtoehtona viskoosille, sillä sen raaka-aineena käytetään kestävästi kasvatettua pyökkipuuta. Modaalin valmistusprosessissa myös 95 prosenttia liuottimista ja prosessissa käytetyistä kemikaaleista voidaan kierrättää, mikä vähentää prosessin veden ja kemikaalien kulutusta viskoosin tuotantoon verrattuna.³²²

”Modaali on erittäin luja ja konepestävä kuitu.”

Murtovenymä	14–18 %
Murtolujuus kuivana	40–75 cN/tex
Murtolujuus märkänä	Vähenee 20–30 %

Lähde: Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 95)

Asetaatti (CA)

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Asetaatin raaka-aineena käytetään selluloosa-asetaattia. Asetaattia valmistetaan kuivakehruumenetelmällä, jossa liuottimena käytetään asetonia. Selluloosaliuos puristetaan kehrusuulakkeesta pitkään tunneliin, jossa liuos haihtuu ja kuidut kiinteytyvät. Lopuksi kuitu filamentit venytetään, kiillotetaan ja pakataan.³²³

Tärkeimmät tuottajamaat ja osuus globaaleista kuitumarkkinoista

Asetaattia tuotettiin miljoona tonnia vuonna 2023. Asetaatin osuus selluloosamuuntokuiduista oli noin 13 prosenttia ja maailman kuitutuotannosta 0,78 prosenttia.³²⁴

Eniten asetaattia tuotetaan Yhdysvalloissa ja Japanissa. Tuotantoa on myös Euroopassa ja Etelä-Amerikassa.³²⁵

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Asetaatti on kiiltävää ja silkkimäistä ja vain vähän rypistyvää, joten se on suosittu materiaali muun muassa helppohoitoisten kauluspaitojen valmistuksessa.³²⁶

Asetaatin elastinen venyvyys ja kimmoisuus on huonoa. Se ei myöskään ole hengittävä tai imukykyinen materiaali, joten synteettiset kuidut ovat syrjäyttäneet sen käyttöä perinteisissä pukeutumistuotteissa. Tänä päivänä asetaattia käytetäänkin eniten tupakan filtereissä.³²⁷

Lämmönkesto	170 °C
Murtovenymä	25–45 %
Murtolujuus kuivana	10–15 cN/tex
Murtolujuus märkänä	Vähenee 30 %
Kosteuspitoisuus	7–9 %

Lähde: Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 97–98)

”Asetaatti on kiiltävää ja silkkimäistä ja vain vähän rypistyvää,

Triasettaatti (CTA)

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Triasettaatti vastaa asetaattia ominaisuuksiltaan ja valmistustavaltaan, mutta triasettaatin valmistamisessa liuottimena käytetään metyleenikloridia ja metanolia asetonin sijaan. Metyleenikloridista ja metanolista valmistettu liuotin on myrkyllistä ja siten monissa maissa kielletty, joten kuidun valmistus on vähentynyt huomattavasti.³²⁸

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Triasettaatti on termoplastista ja kestää paremmin lämpöä kuin asetaatti, joten sitä voidaan teksturoida, pliseerata ja laskostaa helposti. Triasettaatti imee kosteutta huonommin kuin asetaatti. Triasettaatista voidaan valmistaa esimerkiksi puku-, pu-sero- ja vuorikankaita.³²⁹

Kauppanimet

Triasettaattia markkinoidaan muun muassa kauppanimellä Tricel®.³³⁰

”Triasettaatti on termoplastista, joten sitä voidaan teksturoida, pliseerata ja laskostaa helposti.”

Proteiinimuuntokuidut

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Proteiinimuuntokuituja voidaan valmistaa luonnossa esiintyvistä proteiineista, kuten maitopö-räisestä kaseiinista, soijasta, maapähkinästä ja maissitärkkelyksestä.³³¹

Proteiinimuuntokuitujen valmistus riippuu proteiinin lähteestä, ja proteiinikuiduilla on erilaisia valmistusprosesseja. Esimerkiksi soijaproteiini puhdistetaan ensin öljyistä ja rasvoista sekä käsitellään entsyymeillä, jotta proteiinit saadaan kehrättävään muotoon. Suulakekehruussa proteiini puristetaan polyvinyylialkoholin kanssa, jolla on todettu olevan vahvistavia vaikutuksia proteiinimuuntokuiduille. Polyvinyylialkoholiliuos yhdistetään proteiinin kanssa, joka käsitellään emäksellä tai happamalla riippuen kehruukylvyn sisällöstä; emäksinen seos kehrätään rikkihappoon ja natriumsulfaattiin, ja hapan seos taas

kehrätään emäksiseen ja suolaa sisältävään kehruukylpyyn. Joka tapauksessa kehruukylpyyn suulakekehrätty proteiini-polyvinyylialkoholiliuos hyytyy. Kehruun jälkeen säikeet venytetään ilman avulla. Venytyksen jälkeen säikeet käytetään vielä natriumsulfaatissa, josta ne matkaavat kiinnitettäväksi kuumalla ilmalla. Lopuksi kuidut stabiloidaan joko etikkahappoanhydridillä tai glutaaraldehydillä.³³²

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Proteiinimuuntokuidut ovat kiiltäviä ja pehmeitä. Niillä on tyypillisesti hyvät UV-säteilyn- ja valonkestot sekä antibakteeriset ominaisuudet. Kuitujen tuntua on verrattu silkkiin ja kashmiriin.³³³

Proteiinimuuntokuiduilla on alhainen murtolujuus kuivana ja märkänä, ja kuidut ovat herkkiä alkaleille.³³⁴

Sulamispiste	250–260 °C
Murtovenymä	20 %
Murtolujuus kuivana	38–40 cN/tex
Murtolujuus märkänä	25–30 cN/tex
Kosteuspitoisuus	8,6 %

Lähde: Mather, R. & Wardman, R. (2015), Chemistry of Textile Fibres (2nd Edition) (s. 143)

Proteiinimuuntokuituja käytetään sisustus- ja vaatetustekstiilien valmistamiseen. Niistä valmistetaan esimerkiksi pyyhkeitä, lakanoita ja käsityölankoja. Proteiinimuuntokuidut ovat luonnostaan antibakteerisia, ja niistä valmistetaan muun muassa alusvaatteita, yöasuja ja urheiluvaatteita.³³⁵

Tuotannon vastuullisuusnäkökulmat

Proteiinimuuntokuituja pidetään yleisesti ottaen melko vastuullisina tekstiilikuituina, sillä niiden

raaka-aineet saadaan usein elintarviketeollisuuden ja maatalouden sivuvirroista. Tuotannosta syntyviin ympäristövaikutuksiin vaikuttavat kuitenkin myös proteiinimuuntokuitujen valmistustavat.³³⁶

Kauppanimet

Yhdysvalloissa proteiinimuuntokuidut ovat nimetty Azlon-kuiduiksi, mutta Euroopassa vastaa-
vaa yleisnimeä ei ole käytössä.³³⁷

”Proteiinimuuntokuituja pidetään yleisesti ottaen melko vastuullisina tekstiilikuituina, sillä niiden raaka-aineet saadaan usein elintarviketeollisuuden ja maatalouden sivuvirroista.”

Synteettiset tekokuidut

Synteettisiin tekokuituihin luokitellaan kuidut, joita valmistetaan pääasiassa raakaöljyn tislaustuotteista. Synteettiset tekokuidut muodostavat noin kaksi kolmasosaa tekstiilimateriaalien tuotannosta. Vuonna 2024 synteettisiä tekokuituja tuotettiin yhteensä noin 86 miljoonaa tonnia.³³⁸

Synteettiset tekokuidut ovat usein vahvoja ja kestäviä, ja niillä on alhainen kosteudenimukyky, joten ne kuivuvat nopeasti. Kuidut kestävät hyvin useimpia kemikaaleja, ja niillä on vastustuskykyä hyönteisten ja sienten hyökkäyksille sekä mädäntymiselle.³³⁹ Synteettisiä tekokuituja on helppo muokata valmistusvaiheessa joko käyttämällä kehruumassassa erilaisia lisäaineita tai muuttamalla kuidun rakennetta, jotta niihin saadaan lisättyä haluttuja tai poistettua ei-toivottuja ominaisuuksia.

Synteettiset tekokuidut eivät vaadi viljeltävää maa-alaa tuotantoa varten, ja vedenkäyttö valmistuksessa on luonnonkuituja vähäisempää. Kuitujen tuotanto on kuitenkin hyvin energiantensivistä sekä vaatii suuria määriä uusiutumattomia raaka-aineita ja usein myös haitallisia kemikaaleja. Synteettiset tekokuidut eivät ole biohajoavia, ja niistä valmistettujen tuotteiden valmistuksesta, käytöstä sekä huoltamisesta irtoaa mikrokaituja, jotka kuormittavat ympäristöä ja vesistöjä, mikäli jätevesiä ei käsitellä asianmukaisesti.³⁴⁰

Synteettisten kuitujen valmistukseen käytetään erilaisia kehrumenetelmiä, kuten sula-, kuiva- ja märkäkehruuta. Tekokuitujen kehruun päävaiheet ovat nestemäisen polymeerimassan puristus kehrusuulakkeiden läpi säiemuotoon, kuitusäikeen kiinteytys, kehruuavivointi, kuitusäikeiden venytys ja jälkikäsittelyt.³⁴¹

Polyesteri (PES)

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Tekstiileissä käytettävää polyesteriä valmistetaan useimmiten polyetylenitereftalaatista (PET), jota taas valmistetaan tereftaalihaposta ja etyleeniglykolista. Polyesterin valmistus on kemiallinen prosessi, ja raaka-aineet saadaan raakaöljyn tislaustuotteista.³⁴²

Polyesteriä valmistetaan sulakehruulla, sillä sen raaka-aineet sulavat helposti ja kestävät kehuun sellaisenaan. Kehruulämpötila on normaalisti 280–290 °C, mikä on hieman raaka-aineen sulamispistettä korkeampi. Sulatettu raaka-aine puristetaan suulakkeen läpi, ja suulakkeesta tulevat säikeet jäähdytetään ilman avulla kiinteään muotoon. Tämän jälkeen säikeet venytetään ja stabiloidaan lämpökäsittelyn avulla. Tarvittaessa kuidut voidaan vielä teksturoida kiharuuden aikaansaamiseksi tai leikata katkokuiduiksi. Polyesterin kehuunopeus voi olla jopa 6000–8000 metriä minuutissa.³⁴³

Tärkeimmät tuottajamaat ja osuus globaaleista kuitumarkkinoista

Polyesteri on ylivoimaisesti eniten tuotettu tekstiilikuitu. Vuonna 2024 polyesterin kokonaistuotanto oli noin 77,1 miljoonaa tonnia, ja sen osuus globaaleista kuitumarkkinoista oli noin 60 prosenttia.³⁴⁴ Kierrätetyn polyesterin osuus oli noin 12,5 prosenttia polyesterin tuotannosta vuonna 2023.³⁴⁵

Polyesterin merkittävin tuotantomaa on Kiina, jonka osuus kuidun kokonaistuotannosta on noin 78 prosenttia. Kiinan lisäksi polyesteriä tuotetaan muun muassa Intiassa, Taiwanissa, Etelä-Koreassa ja Yhdysvalloissa.³⁴⁶

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

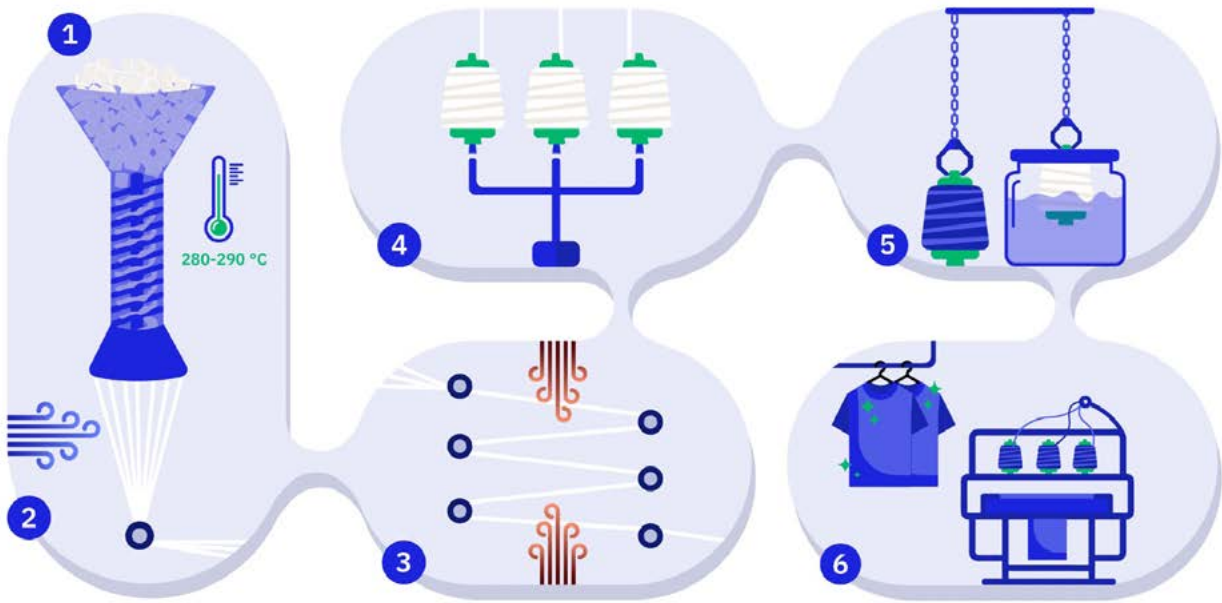
Polyesteri on elastista, vahvaa, rypistymätöntä, pehmeää ja kimmoisaa kuitua, minkä lisäksi sillä on hyvä hankauksenkesto. Polyesteri on hydrofobinen kuitu, joten se hylkii vettä ja siten kuivuu erittäin nopeasti. Polyesteriä on edullista tuottaa, ja sen värjäykseen tarvitaan huomattavasti vähemmän kemikaaleja kuin esimerkiksi puuvillan värjäykseen.³⁴⁷

Polyesterillä on hyvät ominaisuudet moneen eri käyttötarkoitukseen. Polyesteristä valmistetaan tuotteita vaatetukseen, sisustukseen ja tekniisiin tarkoituksiin. Polyesteriä sekoitetaan yleensä muiden kuitujen kanssa erityisesti sen vahvuuden takia. Polyesteristä valmistetaan muun muassa verhoilukankaita, verhoja, lakanoita ja mattoja. Teknisissä tarkoituksissa polyesteriä käytetään renkaissa lujitekuituna, hihnoissa, köysissä, purjeissa, turvavöissä ja auton verhoilukankaissa.³⁴⁸ Edullisuutensa vuoksi polyesteri on myös suosittu täytemateriaali esimerkiksi huonekaluteollisuudessa.

Tuotannon vastuullisuusnäkökulmat

Polyesterin merkittävimmät ympäristövaikutukset liittyvät uusiutumattomien luonnonvarojen käyttöön, energiantensiiviseen valmistusprosessiin sekä siitä valmistetuista tuotteista irtoaviin mikromuoveihin, jotka kulkeutuessaan vesistöihin aiheuttavat monenlaisia ympäristöhaittoja.

Perinteisesti polyesterin raaka-aineena käytetään raakaöljyn tislaustuotteita. Valmistusprosessi kuluttaa paljon energiaa ja polymeroinnissa katalyyttinä saatetaan käyttää haitallisia kemikaaleja.³⁴⁹



Kuidun pituus	Vaihtelee
Kuidun hienous	Vaihtelee
Lämmönkesto	150 °C
Murtovenymä	8–55 %
Murtolujuus kuivana	25–60 cN/tex
Murtolujuus märkänä	Ei vaikuta
Kosteuspitoisuus	0,4–1,5 %

Lähde: Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 75)

Viime vuosina useat tutkimukset ovat osoittaneet, että polyesterin ja polyesterista valmistettujen vaatteiden tuotannolla on yhteys myös vesistöjen mikromuoviongelmiin. Polyesterituotteista irtoavat alle 5 millimetrin kokoiset muovipartikkelit voivat kulkeutua jätevesien mukana luonnonvesiin, jossa ne aiheuttavat monenlaisia ympäristöhaittoja. Pahimmassa tapauksessa ne kulkeutuvat elintarvikkeiden mukana ihmisten ravintoketjuun.³⁵⁰

Vastuullisemmat vaihtoehdot

Perinteisen polyesterin tuotannon negatiivisia ympäristövaikutuksia ja uusiutumattomien luonnonvarojen kulutusta voidaan vähentää hyödyntämällä kierrätettyjä tai biopohjaisia raaka-aineita.

Kierrätyspolyesteriä on jo hyvin saatavilla, ja sen osuus kaikesta polyesterin tuotannosta on kasvanut jatkuvasti viime vuosina. Arviolta noin 98 prosenttia kierrätetystä polyesteristä valmistetaan PET-muovipulloista termisesti kierrättämällä.³⁵¹ Termisessä kierrätysprosessissa polyesteri-

tuote rouhitetaan tai revitään ensin mekaanisesti pienemmiksi rakeiksi, minkä jälkeen rakeet sulatetaan ja prosessoidaan uudestaan kuiduksi. Termisesti kierrätetyn polyesterin tuotannon hiilidioksidipäästöt ovat noin kolmanneksen neitseellisen polyesterin päästöistä.³⁵² Koska kierrätyspolyesterin raaka-aineena käytetään yleensä PET-muovipulloja ja tuotanto on keskittynyt Kiinaan, liittyy valmistusketjun kautta kierrätyspolyesterin tuotantoon myös ihmisoikeusriskejä, joiden tunnistaminen ja ennaltaehkäisy vaatii kierrätyspolyesteriä käyttäviltä yrityksiltä pitkäjänteistä työtä läpinäkyvyyden lisäämiseksi.

Polyesteriä voidaan kierrättää myös kemiallisesti suljetussa kierrossa. Prosessissa polyesterin polymeeriketju pilkotaan molekyyleiksi ja polymeroidaan uudelleen täysin uuden veroiseksi kuiduksi. Prosessi sisältää usein erilaisia puhdistusvaiheita, sillä kemiallisessa kierrätyksessä saatujen lopputuotteiden kemiallinen koostumus on riippuvainen lähtömateriaalin puhtaudesta. Polyesterin kemiallinen kierrätys on kuitenkin

”Arviolta noin 98 prosenttia kierrätyspolyesterista valmistetaan PET-muovipulloista termisesti kierrättämällä.”

kallista eikä sen vuoksi yhtä yleistä kuin terminen kierrätys.³⁵³

Kierrätysraaka-aineille on olemassa omat vapaaehtoiset sertifiointijärjestelmänsä. Kierrätyspolyesterille soveltuvia järjestelmiä ovat muun muassa Global Recycled Standard (GRS), Recycled Claim Standard (RCS) ja SCS Recycled Content Standard.³⁵⁴

Polyesteriä voidaan valmistaa myös biopohjaisista raaka-aineista, kuten esimerkiksi sokeriruoko- tai maissikuidusta saatavasta tärkkelyksestä. Täysin biopohjaisen polyesterin valmistus on hyvin pienimuotoista. Sen sijaan osittain biopohjaista polytrimetyleenitereftalaattia (PTT) on saatavilla myös kaupallisesti. Vuonna 2020 biopohjaisen polyesterin osuus polyesterin kokonais-tuotannosta oli 0,01 prosenttia.³⁵⁵

Kauppanimet

Polyesterin kauppanimiä ovat muun muassa Dikolen®, Tergal®, Trevira®, CoolMax®, Thermastat® ja TreviraCS®.³⁵⁶

”Polyesteriä voidaan valmistaa myös biopohjaisista raaka-aineista, esimerkiksi sokeriruoko- tai maissikuidusta saatavasta tärkkelyksestä.”

Polyamidi (PA)

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Polyamidia valmistetaan kemiallisesti orgaanisista hiilipohjaisista kemikaaleista, joita esiintyy uusiutumattomissa luonnonraaka-aineissa, kuten öljyssä ja kivihiilessä.³⁵⁷ Polyamideja on useita erilaisia, ja ne eroavat kemialliselta rakenteeltaan toisistaan. Erilaiset polyamidit voidaan erottaa nimen perässä olevilla numeroilla, kuten polyamidi 6,6 (PA 6,6) ja polyamidi 6 (PA 6). Numerot kertovat keskenään reagoivien hiiliatomien määrästä.³⁵⁸

Polyamidikuituja valmistetaan raaka-aineesta sulakehruulla, eikä liuottimia tarvita. Raaka-aine lämmitetään hieman sulamispisteen yli 250–290 °C asteeseen riippuen siitä, valmistetaanko PA 6:a vai PA 6,6:a. Sula raaka-aine puristetaan suulakkeen läpi jäähdytyskammioon, jossa säikeet kiinteytyvät. Polyamidin kehruunopeus on 1000–5500 metriä minuutissa.³⁵⁹

Tärkeimmät tuottajamaat ja osuus globaaleista kuitumarkkinoista

Polyamidin kokonaistuotanto oli noin 6,1 miljoonaa tonnia vuonna 2024, ja sen osuus globaaleista kuitumarkkinoista oli noin 4,8 prosenttia.³⁶⁰

Polyamidin suurin tuotantomaa on Kiina, joka tuottaa noin 70 prosenttia kaikesta maailman polyamidista. Kiinan lisäksi polyamidia tuotetaan myös esimerkiksi Yhdysvalloissa ja Taiwanissa.³⁶¹

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Polyamidi on erittäin elastinen, kimmoisa, vahva ja rypistymätön kuitu. Polyamidilla on hyvä veto- ja hankauslujuus, ja se kuivuu jopa polyesteriä nopeammin.³⁶²

Polyamidia käytetään laajasti vaatetuksessa, sisustuksessa ja myös teknisissä käyttötarkoituksissa useimmiten elastisuutensa ja kimmoisuutensa takia. Polyamidista voidaan valmistaa paitoja, mekkoja, urheiluvaatteita, sukkia, sukkahousuja, alusvaatteita ja uimapukuja. Sitä sekoitetaan yleensä muiden kuitujen kanssa. Polyamidia käytetään myös teknisiin tarkoituksiin, kuten muun muassa köysien ja harjojen valmistukseen, renkaiden lujitekuituna, autoteollisuudessa ja elektroniikan valmistuksessa.³⁶³

Tuotannon vastuullisuusnäkökulmat

Polyamidin tuotannon merkittävimmät ympäristövaikutukset ovat hyvin samantyyppiset kuin polyesterillä. Polyamidin tuotantoprosessi vaatii enemmän energiaa kuin polyesterin tuotanto, joten myös siitä aiheutuvat hiilidioksidipäästöt ovat muiden tekokuitujen valmistusta korkeammat.³⁶⁴

Vastuullisemmat vaihtoehdot

Perinteisen polyamidin tuotannon negatiivisia ympäristövaikutuksia ja uusiutumattomien luonnonvarojen kulutusta voidaan vähentää hyödyntämällä tuotannossa kierrätettyjä tai biopohjaisia raaka-aineita.

Polyamidia voidaan kierrättää termisten tai kemiallisten kierrätysmenetelmien avulla aivan kuten polyesteriäkin. Kierrätetyn polyamidin raaka-aineena käytetään usein esimerkiksi tekstiiliteollisuuden ylijäämää, vanhoja kalastusverkkoja tai mattoja. Polyamidin kierrätys ei kuitenkaan ole yhtä yleistä kuin polyesterin kierrätys johtuen sen vähäisemmästä käytöstä. Vuonna 2020 kierräte-

tyn polyamidin osuus oli noin 1,9 prosenttia kaikesta polyamidin tuotannosta.³⁶⁵

Polyamidia voidaan valmistaa myös biopohjaisista raaka-aineista, kuten esimerkiksi glukosista ja risiiniöljystä. Biopohjaisen polyamidin valmistus on vielä hyvin pienimuotoista.³⁶⁶

Kauppanimet

Polyamidin toinen tunnettu kutsumanimi on nailon (nylon). Polyamidin kauppanimiä puolestaan ovat muun muassa Antron®, Bayer-Perlon®, Enkalon®, Supplex®, Tactel® ja Amni®.³⁶⁷ Kierrätetyn polyamidin kauppanimiä ovat Econyl® ja Repreve®.

”Polyamidi on elastinen, kimmoisa, vahva ja rypistymätön kuitu.”

Kuidun pituus	Vaihtelee
Kuidun hienous	Vaihtelee
Lämmönkesto	90 °C
Murtovenymä	15–70 %
Murtolujuus kuivana	32–70 cN/tex
Murtolujuus märkänä	Vähenee n. 10 %
Kosteuspitoisuus	4–6 %

Lähde: Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 79)

Elastaani (EL)

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Elastaani on syntetttinen kuitu, joka koostuu vähintään 85-prosenttisesti polyuretaanista. Elastaanin olennainen ominaisuus on venyvyys, ja sen tulee palautua kaksin- tai kolminkertaisesta venytyksestä nopeasti takaisin.³⁶⁸

Elastaania valmistetaan pääasiassa kuiva-kehruulla, mutta myös märkä- ja sulakehruu ovat mahdollisia. Liuottimena käytetään dimetyyliformamidia tai dimetyyliaseramidia. Elastaanikuituja valmistetaan puristamalla liuos suulakkeiden läpi haihdutuskanaaliin, jossa säikeet kiinteytyvät. Kuitujen valmistuksen jälkeen ne kiillotetaan ja kiharretaan. Elastaania voidaan kehrätä 200–1000 metriä minuutissa.³⁶⁹

Tärkeimmät tuottajamaat ja osuus globaaleista kuitumarkkinoista

Elastaanin tuotanto oli noin 1,3 miljoonaa tonnia vuonna 2024. Sen osuus kuitujen kokonaistuotannosta oli noin yhden prosentin. Tärkeimpiä tuottajamaita ovat Kiina, Etelä-Korea ja Taiwan.³⁷⁰

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Elastaani on erittäin venyvää ja kimmoisaa kuitua, ja se voi venyä jopa kuusi kertaa normaalin pituutensa sekä palautua siitä melkein välittömästi. Elastaaani on myös miellyttävän tuntuinen päällä. Elastaanilla on suhteellisen huono vetolujuus sekä valon- ja säänkesto.³⁷¹

Elastaania käytetään etupäässä tuotteissa, joihin tarvitaan venyvyyttä. Elastaania käytetään usein sekoitteena muiden kuitujen kanssa lisäämään tuotteen venyvyyttä ja istuvuutta. Tyypillisiä käyttökohteita ovat esimerkiksi alusvaatteet, sukka-housut, sukat, uima-asut, farkut ja urheiluvaatteet.³⁷²

Elastaania käytetään tuotteissa yleensä varsin pieniä määriä. Tästä huolimatta elastaanin on todettu hankaloittavan tekstiilien käytön jälkeistä kierrätystä. Mekaanisissa kierrätysprosesseissa elastaanin joustavuus hankaloittaa kuitujen avautumista. Kemiallisissa kierrätysprosesseissa puolestaan elastaanin erottaminen muista kuiduista on yleensä teknisesti mahdollista, mutta se vähentää kierrätyksen kannattavuutta.

Tuotannon vastuullisuusnäkökulmat

Elastaanin tuotannolla on merkittäviä ympäristövaikutuksia, sillä sen valmistus on hyvin energaintensiivistä ja siinä käytetään runsaasti haitallisia kemikaaleja. Pitkäaikaisen altistumisen polyuretaanille on todettu altistavan syövälle. Lisäksi tuotantoprosessissa käytetään liuottimia, jotka voivat aiheuttaa terveyshaittoja tuotannossa työskenteleville. Suurimmassa vaarassa haitallisten kemikaalien altistumiselle ovatkin elastaanitehtaiden työntekijät.³⁷³

Vastuullisemmat vaihtoehdot

Elastaania voidaan valmistaa myös osittain biopohjaisista raaka-aineista, sillä osa raaka-aineena käytettävästä polyuretaanista voidaan korvata

esimerkiksi maissista saatavalla glukoosilla. Biopohjaisen elastaanin ominaisuudet eivät ole aivan samaa luokkaa kuin perinteisen elastaanin, ja sen valmistus on toistaiseksi varsin vähäistä.³⁷⁴

Viime vuosina markkinoille on tullut myös kierrätettyä elastaania. Kierrätyselastaanin raaka-aineena on hyödynnetty tuotannossa syntyvää ylijäämää, joka muuten päättyisi hävitettäväksi.³⁷⁵

Kauppanimet

Elastaania kutsutaan Yhdysvalloissa spandexiksi ja Japanissa polyuretaaniksi.³⁷⁶ Elastaanin tunnettuja kaupunimiä ovat muun muassa Dorlastan® ja Lycra®.³⁷⁷

Kuidun pituus	Filamentti
Kuidun hienous	2–600 dtex
Lämmönkesto	140 °C
Murtovenymä	400–800 %
Murtolujuus kuivana	5–14 cN/tex
Murtolujuus märkänä	Vähenee n. 25 %
Kosteuspitoisuus	1,5 %

Lähde: Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 86)

Akryyli (PAN)

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Akryyli on öljypohjainen kuitu, joka koostuu vähintään 85-prosenttisesti akryylinitriilistä. Akryylinitriili on haihtuva orgaaninen yhdiste ja ilmaan haihtuessaan karsinogeeni.³⁷⁸

Akryyliä valmistetaan akryylinitriilin polymeroinnista. Akryylikuituja ei voida valmistaa sulakehruulla, sillä raaka-aine hajoaa sulamispisteen lähellä. Siten kuidut valmistetaan useimmiten märkäkehruulla, mutta kuivakehruuta käytetään myös. Polyakryylinitriili sekoitetaan liuottimeen, ja liuos puristetaan suolakkeiden läpi haihdutuskolonneihin, jolloin kuitu kiinteytyy liuotimen haihtuessa. Tämän jälkeen säikeet venytetään, pestään, avivoidaan (kiillotetaan) ja kiharretaan. Ennen langaksi kehruuta kuidut käsitellään kuumalla ilmalla tai höyryllä, millä vähennetään kuitujen kutistumista myöhemmin.³⁷⁹

Tärkeimmät tuottajamaat ja osuus globaaleista kuitumarkkinoista

Vuonna 2024 akryyliä tuotettiin noin 1,3 miljoonaa tonnia ja sen osuus kuitujen kokonaistuotannosta oli noin prosentin. Akryylin tuotantomäärät ovat tasaisesti laskeneet viime vuosina.³⁸⁰

Akryylin tuotanto on keskittynyt Aasiaan ja sen tärkein tuottajamaa on Kiina, joka tuottaa noin 47 prosenttia kaikesta akryylistä.³⁸¹ Muita akryylin merkittäviä tuottajamaita on muun muassa Turkki, Japani ja Intia.³⁸²

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Akryyllillä on erittäin hyvä mikro-organismien-, valon- ja säänkesto. Akryyllillä on villamaisia ominaisuuksia, kuten lämpöisyys ja hyvä laskeutuvuus, mutta akryyli on villaa kevyempää ja helpommin konepestävää.³⁸³ Kuitu on helppo värjätä kirkkaillakin väreillä.

Akryyli ei kestä kuumia olosuhteita, joten akryyliä ei voida pestä kovin kuumalla vedellä. Akryyllillä on myöskin keskinkertainen hankauslujuus, ja siitä valmistetut tuotteet nyppyyntyvät helposti.³⁸⁴

Akryyliä käytetään usein villan sijasta, sillä akryyli on huomattavasti edullisempaa. Lisäksi sillä on parempi tuhohyönteisten kesto. Akryyllistä voidaan valmistaa vaatteita, kuten neulepuse- roita, tekoturkiksia ja urheiluvaatteita. Akryyliä käytetään myös laajasti sisustustekstiileissä ja siitä valmistetaan muun muassa huopia, mattoja, verhoja ja verhoilukankaita. Akryyli kestää myös hyvin valoa ja mikro-organismeja, joten kuitua käytetään ulkovaatteissa, markiiseissa, suojapeitteissä, päivänvarjoissa ja ulkokalusteiden verhoilukankaissa.³⁸⁵

Tuotannon vastuullisuusnäkökulmat

Akryylituotannon merkittävimmät ympäristövai- kutukset liittyvät energiantensiiviseen prosessiin ja runsaaseen haitallisten kemikaalien käyttöön. Pitkäaikaisen altistumisen akryylin kehruussa käytettäville orgaanisille liuottimille on todettu aiheuttavan hengitysteiden ärsytystä sekä altista- van syövälle. Suurimmassa vaarassa haitallisten kemikaalien altistumiselle ovat polymerointi- ja kuitutehtaiden työntekijät sekä tehtaiden lähi- alueella asuvat ihmiset, sillä poistoilman mukana osa kemikaaleista kulkeutuu ilmansaasteina ympäristöön.³⁸⁶

Kauppanimet

Akryylin kauppanimiä ovat muun muassa Dralon® ja Dunova®.³⁸⁷

Kuidun hienous	0,9–17 dtex
Lämmönkesto	150 °C
Murtovenymä	30–60 %
Murtolujuus kuivana	5–14 cN/tex
Murtolujuus märkänä	Vähenee n. 15 %
Kosteuspitoisuus	2 %

Lähde: Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 83)

”Akryyliä käytetään usein villan sijasta, sillä akryyli on huomattavasti edullisempaa.”

Modakryyli (MAC)

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Modakryylikuidut ovat muunneltuja akryylikuituja. Modakryyli koostuu noin 35–85 prosenttisesti akrylonitriilimonomeerista, ja se sisältää myös muita monomeereja, kuten vinyylikloridia, vinyylideenikloridia tai vinyylibromidia. Edellä mainituja monomeereja lisätään akryylinitriiliin, jotta kuiduille saadaan parempi palonkesto.³⁸⁸

Modakryylikuituja valmistetaan märkäkehuulla samalla tavalla kuin akryylikuituja. Kehruun jälkeen kuidut stabilisoidaan ja leikataan usein katkokuiduiksi.³⁸⁹

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Modakryylikuitujen ominaisuudet ovat pitkälti samat kuin akryylikuiduilla. Modakryylikuiduilla on erinomainen vastustuskyky kemikaaleille, liuoksille, hyönteisille ja homeelle. Kuidut ovat vahvoja

ja joustavia, ja niiden mittapysyvyys sekä värjätvyys ovat hyvät. Toisin kuin akryyllillä, modakryyllillä on hyvä palonkesto.³⁹⁰

Modakryyliä käytetään tyypillisimmin käyttökohteissa, jossa vaaditaan liekinkestävyyttä ja hyvää palonkestoa. Kuidusta valmistetaan muun muassa lentokoneen istuimien verhoilukankaita, suojavarusteita ja julkisten tilojen sisustustekstiilejä.³⁹¹

Tuotannon vastuullisuusnäkökulmat

Modakryylin tuotantoon liittyvät hyvin samantyyppiset vastuullisuusnäkökulmat kuin akryylin tuotantoon.

Kauppanimet

Modakryylin kauppanimiä ovat muun muassa Dynel® ja Verel®.³⁹²

”Modakryyliä käytetään tyypillisimmin käyttökohteissa, jossa vaaditaan liekinkestävyyttä ja hyvää palonkestoa.”

Aramidi (AR)

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Aramidikuiduiksi luokitellaan aromaattiset polyamidikuidut. Aramideja valmistetaan joko kuiva-, märkä- tai ilmarakokehruulla.³⁹³

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Aramidikuidut ovat vahvoja kuituja, joilla on erinomainen kuumuuden, kemikaalien ja hankauskesto. Aramidikuidut kestävät jopa 400 °C lämpötiloja. Aramidikuidut eivät johda sähköä.³⁹⁴

Aramidikuituja on vaikea värjätä. Jos kuidusta halutaan värillisiä, tulee ne kehruuvärjätä.³⁹⁵

Aramidikuidusta valmistetaan yleensä tuotteita, joiden tulee kestää kuumuutta ja kemikaaleja. Kuiduista voidaan valmistaa muun muassa kilpa-ajajien, hitsaajien ja palomiesten pukuja. Aramidikuituja käytetään myös julkisten tilojen verhoilukankaissa yksinään tai muiden kuitujen kanssa sekoitteena. Yleisimpiä käyttökohteita aramidista valmistetuille verhoilukankaille ovat muun muassa lentokoneiden ja junien penkit.³⁹⁶

Aramidikuitua käytetään myös tarkoituksiin, jossa vaaditaan keveyttä ja iskulujuutta. Ne sovel-

tuvat erinomaisesti esimerkiksi luotiliivien, kypärien, kajakkien, köysien, viiltosuojakäsineiden, suodatuskankaiden ja kaiutinkalvojen valmistamiseen.³⁹⁷

Tuotannon vastuullisuusnäkökulmat

Aramidin tuotantoon liittyvät hyvin samantyyppiset vastuullisuusnäkökulmat energiantensiivisyyteen ja haitallisten kemikaalien käyttöön liittyen kuin muidenkin synteettisten tekokuitujen tuotantoon.

Vastuullisemmat vaihtoehdot

Aramidin tuotantoon tarvittavien uusiutumattomien luonnonvarojen ja energian kulutusta voidaan vähentää hyödyntämällä tuotannossa käytöstä poistuneita aramidituotteita. Kierrätysaramidin tuotanto on vielä pienimuotoista, mutta kierrätysprosesseihin on investoitu viime vuosina.³⁹⁸

Kauppanimet

Aramidikuitujen kauppanimiä ovat muun muassa Nomex®, Technora®, Twaron® ja Kevlar®.³⁹⁹

Kuidun pituus	Vaihtelee
Kuidun hienous	0,9–11 dtex
Lämmönkesto	375–550 °C
Murtovenymä	1–20 %
Murtolujuus kuivana	40–240 cN/tex

Lähde: Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 99)

Polypropeeni (PP)

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Polypropeeni on pitkäketjuinen synteettinen polymeeri, joka koostuu vähintään 85-prosenttisesti eteenistä, propeenista tai muista alkeeneista.⁴⁰⁰ Polypropeenia valmistetaan öljyn krakkauksen ja maakaasun fraktiionnin sivutuotteista.⁴⁰¹

Polypropeenia valmistetaan sulakehruulla. Polypropeenin valmistuksen olosuhteet riippuvat siitä, valmistetaanko filamenttilankoja, monofilamentteja, katkokuituja vai kuitukangasta. Polypropeenia voidaan kehrätä 150–4500 metriä minuutissa.⁴⁰²

Tärkeimmät tuottajamaat ja osuus globaaleista kuitumarkkinoista

Polypropeenia tuotettiin noin 2,8 miljoonaa tonnia vuonna 2024.⁴⁰³ Sen tärkeimmät tuottajat ovat Kiina, Eurooppa ja Yhdysvallat.⁴⁰⁴

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Polypropeeni on erittäin luja kuitu, jolla on hyvä kemikaalien ja mikro-organismien vastustuskyky. Polypropeeni ei ime itseensä kosteutta, mutta kuljettaa tai haihduttaa kosteutta hyvin. Polypropeenilla on myös hyvä lämmöneristyskyky. Siksi polypropeenista valmistetut vaatteet tuntuvat mukavilta ihoa vasten.⁴⁰⁵ Polypropeeni on yksi kevyimmistä käytössä olevista kuitumateriaaleista. Teknisen merkityksen lisäksi sillä on myös taloudellinen vaikutus, sillä kuidut ostetaan painon perusteella. Polypropeeni on näin ollen hyvin edullista.

Polypropeenia ei pystytä värjäämään ilman lisäaineita. Kuidut ovat herkkiä UV-säteilylle ja heikkenevät säteilyn vaikutuksesta.⁴⁰⁶

Polypropeenia käytetään pääasiallisesti sisustuksessa ja teknisissä tekstiileissä. Kuituja

käytetään harvemmin vaatteissa niiden värjäätymättömyyden takia. Polypropeenista voidaan valmistaa mattojen nukka- tai taustamateriaalia ja verhoilukankaita, joista voidaan lisäaineilla tehdä paloturvallisia tai antimikrobisia.⁴⁰⁷ Polypropeenista valmistetaan myös urheiluvaatteita, ulkova-rusteita, geotekstiilejä ja pakkausmateriaaleja.⁴⁰⁸

Tuotannon vastuullisuusnäkökulmat

Polypropeenin tuotannon merkittävimmät ympäristövaikutukset liittyvät uusiutumattomien luonnonvarojen käyttöön sekä energiankulutukseen. Polypropeenin valmistuksessa käytetään varsin alhaisia lämpötiloja, joten prosessin energiankulutus on vähäisempää kuin muiden synteettisten kuitujen valmistuksessa.⁴⁰⁹

Vastuullisemmat vaihtoehdot

Polypropeenin tuotannon negatiivisia ympäristövaikutuksia ja uusiutumattomien luonnonvarojen kulutusta voidaan vähentää hyödyntämällä tuotan-

nossa kierrätettyjä tai biopohjaisia raaka-aineita.

Polypropeeni reagoi herkästi lämpöön, joten se voidaan helposti sulattaa ja kierrättää uusien kuitujen raaka-aineeksi. Termisessä kierrätysprosessissa kuidun polymeeriketju katkeaa, mutta kuitua voidaan siitä huolimatta kierrättää kuusi kertaa ennen kuin se on liian lyhyttä uusien tuotteiden raaka-aineeksi. Polypropeenituotteet voidaan elinkaarensa lopussa hyödyntää myös energiana, sillä polypropeenituotteen lämpöarvo vastaa polttoöljyä.⁴¹⁰

Polypropeenia voidaan valmistaa myös biopohjaisista raaka-aineista, kuten sokeriruo’osta fermentoidusta etanolista, butanolista tai propa-nolista. Biopohjainen polypropeeni ei ole kuitenkaan biohajoavaa ja sitä valmistetaan tällä hetkelä hyvin vähän.⁴¹¹

Kauppanimet

Polypropeenin kauppanimiä ovat muun muassa Meraklon®, Hostalen PP, Propak® ja Fortilene®.

Kuidun pituus	Vaihtelee
Kuidun hienous	0,8–400 dtex
Lämmönkesto	75 °C
Murtovenymä	8–350 %
Murtolujuus kuivana	17–100 cN/tex
Murtolujuus märkänä	Ei vaikuta
Kosteuspitoisuus	0,04–2 %

Lähde: Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 88)

”Polypropeenin tuotannon merkittävimmät ympäristövaikutukset liittyvät uusiutumattomien luonnonvarojen käyttöön sekä energiankulutukseen.”

Polyeteeni (PE)

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Polyeteeni on polyolefiinikuitu, jonka raaka-aineesta yli 85 prosenttia on olefiiniyksiköitä. Polyeteeniä valmistetaan geelikehruulla, joka on menetelmänä sulakehruun ja kuivakehruun välimuoto; geelikehruussa raaka-aine käsitellään vähäisellä liuottimen määrällä kohotetussa lämpötilassa.⁴¹²

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Polyeteeni on vahvaa, joustavaa, vedenpitävää ja kevyttä kuitua. Sitä on halpaa ja helppoa tuottaa.⁴¹³ Polyeteeni kestää hyvin kemikaaleja, mutta sillä on alhainen lämmönkesto.⁴¹⁴

Polyeteeniä käytetään erityisesti teknisissä tekstiileissä. Siitä valmistetaan muun muassa pesulapussuja, muovipussuja, elintarvikepakkauksia, pesuainepakkauksia ja muita pakkausmateriaaleja.⁴¹⁵

Tuotannon vastuullisuusnäkökulmat

Polyeteenin tuotannon merkittävimmät ympäristövaikutukset liittyvät uusiutumattomien luonnonvarojen käyttöön sekä vedenkulutukseen. Yhden polyeteenikilon valmistamiseen kuluu noin 1,5 kiloa fossiilisia polttoaineita ja noin 3 litraa vettä. Polyeteenin suurin ympäristövaikutus aiheutuu usein käytöstä, sillä polyeteenistä valmistetut tuotteet ovat usein kertakäyttöisiä.⁴¹⁶

Vastuullisemmat vaihtoehdot

Polyeteeniä voidaan valmistaa myös biopohjaisista raaka-aineista, kuten sokeriruo'osta fermentoidusta etanolista, butanolista tai propanolista. Biopohjainen polyeteeni ei ole kuitenkaan biohajoavaa ja sitä valmistetaan tällä hetkellä hyvin vähän.⁴¹⁷

Kauppanimet

Polyeteenikuitujen kauppanimiä ovat muun muassa Spectra®, Tyvek®, Sabic® ja Dyneema®.

Kuidun pituus	Vaihtelee
Kuidun hienous	0,8–400 dtex
Lämmönkesto	75 °C
Murtovenymä	8–350 %
Murtolujuus kuivana	17–100 cN/tex
Murtolujuus märkänä	Ei vaikuta
Kosteuspitoisuus	0,04–2 %

Lähde: Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 88)

Polylaktidi (PLA)

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Polylaktidi on biopohjainen synteettinen kuitu, joka koostuu vähintään 85-prosenttisesti polymaitohaposta. Kuitupolymeeri valmistetaan fermentoimalla kasveista saatava tärkkelys ensin maitohapoksi.⁴¹⁸

Polylaktideja valmistetaan samanlaisilla menetelmillä kuin synteettisiä tekokuituja, esimerkiksi polyesteriä. Polylaktidin valmistamiseen käytetään yleensä sulakehruuta. Kehruuta varten maitohappo saadaan maataloustuotteista, kuten sokerijuurikkaasta, sokeriruo'osta, maissitärkkelyksestä, viljoista tai elintarviketeollisuuden sivutuotteista.⁴¹⁹

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Polylaktidi on biohajoavaa ja sen hajoamistuotteet ovat hiilidioksidia ja vettä. Polylaktidikuidut vastaavat muilta ominaisuuksiltaan synteettisiä tekokuituja.⁴²⁰

Polylaktidit hajoavat helposti kosteuden ja lämmön vaikutuksesta. Polylaktidien valmistami-

seen tarvitaan kallista teknologiaa ja sen varastominen on hankalaa. Sen vuoksi polylaktidikuitujen tuotanto on vielä vähäistä.⁴²¹

Polylaktideja käytetään pakkausmateriaaleissa, elektroniikassa, lääketieteessä ja maataloudessa. Polylaktidikuiduista voidaan valmistaa muun muassa pyyhkeitä, hygieniatuotteita, vaippoja ja kertakäyttöastioita.⁴²²

Tuotannon vastuullisuusnäkökulmat

Polylaktidia voidaan pitää varsin ympäristöystävällisenä tekstiilikuituna, sillä sen raaka-aineena voidaan käyttää uusituvia luonnonvaroja ja elintarviketeollisuuden sivuvirtoja. Tekstiilikuitujen valmistus polylaktidista on kuitenkin vielä varsin vähäistä.

Kauppanimet

Polylaktidin kauppanimiä ovat muun muassa Ingeo™, Biophyl™, Biofeel® ja Ecodear™.

Fluorokuidut (PTFE)

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Fluorokuiduiksi määritellään kuidut, joissa on suoraketjuisia polymeerejä ja jotka on valmistettu fluoratusta alifaattisesta hiilivedystä. Fluorokuituja voidaan valmistaa eteeniklooritrifluorieteenistä (ECTFE), polyvinyylideenifluorista (PVDF), polytetrafluorieteenistä (PTFE) sekä eteenitetrafluorieteenistä (ETFE). Fluorokuituja valmistetaan märkäkehrumenetelmällä.⁴²³

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Fluorokuidut kestävät erinomaisesti väkeviä happoja, emäksiä ja orgaanisia liuottimia. Ne kestävät korkeita lämpötiloja paremmin kuin muut synteettiset kuidut. Fluorokuidun hajoaminen alkaa vasta noin 320 °C lämpötilassa ja sulaminen 400 °C lämpötilassa.⁴²⁴

Fluorokuiduista voidaan valmistaa Gore-tex ja DryMax -kauppanimillä tunnettuja kalvoja muun muassa ulkoiluvaatteisiin ja erikoisvaatetukseen. Tällaiset kalvot ovat hengittäviä ja vedenpitäviä. Fluorokuiduista valmistetaan kuitenkin pääasias-
sa teknisiä tuotteita, kuten kemianteollisuuden tiivisteitä, suodatinkankaita, hihnoja, laakereita ja sähköeristeitä.⁴²⁵

Tuotannon vastuullisuusnäkökulmat

Fluorokuitujen tuotannon merkittävimmät vastuullisuusnäkökulmat liittyvät uusiutumattomien luonnonvarojen käyttöön sekä prosessin energian ja kemikaalien kulutukseen.

Kauppanimet

Fluorokuitujen kauppanimiä ovat muun muassa Halar, Kynar®, Toyoflon, Teflon ja Tefzel.⁴²⁶

Lämmönkesto	320 °C
Murtovenymä	13–70 %
Murtolujuus kuivana	6–20 cN/tex
Kosteuspitoisuus	0 %

Lähde: Markkula, R. (1999), Tekstiilitieto (s. 122)

Lämmönkesto	70 °C
Murtovenymä	12–45 %
Murtolujuus kuivana	6–34 cN/tex
Kosteuspitoisuus	0–0,5 %

Lähde: Markkula, R. (1999), Tekstiilitieto (s. 122)

Klorokuidut (CLF)

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Klorokuiduilla tarkoitetaan suoraketjuisia makromolekyylejä, joiden painosta vähintään puolet koostuu vinyyli- tai vinyylideenikloridiyksiköistä. Klorokuituja kutsutaan myös polyvinyylikloridikuiduiksi (PVC).⁴²⁷

Klorokuituja voidaan valmistaa kuiva- tai märkäkehrumenetelmin. Kuivakehruussa kuidun ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa kuidun poikkileikkauksen muodolla. Kehruun jälkeen klorokuituja voidaan venyttää, mikä lisää kuidun lujuutta, kemiallista kestävyyttä ja lämmönkestoa.⁴²⁸

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Klorokuidut ovat erittäin vahvoja kuituja ja ne kestävät hyvin happoja, emäksiä, liuottimia ja hapettavia sekä pelkistäviä aineita. Klorokuiduilla on myös hyvät palonkesto- ja säänkesto-ominaisuudet.⁴²⁹

Klorokuiduilla on suhteellisen alhainen murtolujuus. Ne eivät kestä korkeita lämpötiloja ja kutistuvat sekä pehmenevät noin 60–80 °C lämpötilois-
sa. Klorokuidut myös alkavat sulaa noin 140–200 °C lämpötiloissa kuidun laadusta riippuen.⁴³⁰

Klorokuiduista valmistetaan tuotteita, jotka vaativat palonkestoa, hyvää kemikaalien kestävyyttä ja säänkestoa. Klorokuitua käytetään muun muassa verhoilu- ja sisustuskankaiden, ulkoiluvaatteiden ja -varusteiden, suodattimien, verkkojen, peitteiden, alusasujen, sukki- ja kerrastojen valmistamiseen.⁴³¹ Klorokuidut varautuvat normaalia enemmän staattisella sähköllä, jonka on todettu lievittävän reumakipuja. Tästä syystä klorokuiduista on valmistettu myös reumapotilaiden aluskerrastoja.⁴³²

Tuotannon vastuullisuusnäkökulmat

Klorokuitujen tuotannon merkittävimmät vastuullisuusnäkökulmat liittyvät uusiutumattomien luonnonvarojen käyttöön sekä prosessin energian ja kemikaalien kulutukseen.

Kauppanimet

Klorokuitujen kauppanimiä ovat muun muassa Clévyl, Envilon, Fibravyl, Isovyl, Kuralon, Mewlon, Niti-Vilon, PCU, Pe Ce, Pusan, Rhovyl AS, Rhovyl Eco, Rhovyl, Rhovyl’Yp, Saran, Selvron, Thermovyl, Viclon ja Vilon.⁴³³

Synteettiset epäorgaaniset kuidut

Epäorgaaniset kuidut poikkeavat orgaanisista kuiduista rakenteeltaan, ominaisuuksiltaan, valmistusmenetelmiltään ja käyttökohteiltaan.⁴³⁴

Epäorgaanisilla kuiduilla on korkea mekaaninen lujuus ja orgaanisia kuituja parempi terminen kestävyys. Epäorgaaniset kuidut ovat kuitenkin jäykkiä, hauraita ja painavia kuituja, minkä vuoksi

niiden valmistus tekstiilirakenteiksi on rajallista. Epäorgaanisia kuituja käytetään pääasiassa tekniisiin tarkoituksiin, mutta kuiduilla on myös joitain käyttötarkoituksia tekstiilituotteissa. Tunnetuimmat epäorgaaniset kuidut ovat erilaiset lasikuidut. Myös hiilikuitujen tuotanto on kasvussa ja käyttö yleistymässä.⁴³⁵

Lasikuidut (GF)

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat
Lasiksi tai lasimaiseksi materiaaliksi voidaan kutsua materiaaleja, joiden rakenne ei ole kiteinen. Lasikuidun perusraaka-aineet ovat erilaiset luonnolliset mineraalit ja valmistetut kemikaalit, joista tärkeimpiä ovat kvartsi, kalkkikivi ja sooda. Kvartsia käytetään lasinmuodostajana, ja sooda sekä kalkki alentavat sulamislämpötilaa.⁴³⁶

Lasikuituja valmistetaan filamentteina tai katkokuituina erilaisiin käyttötarkoituksiin. Lasikuituja valmistetaan sulattamalla kvartsihiekkaa muiden epäorgaanisten aineiden, kuten kalkkikiven, soodan, alumiinioksidin, booraksin ja

metallioksidien kanssa.⁴³⁷ Lasikuituja voidaan valmistaa sulakehruulla suulakkeen läpi puristamalla, puhaltamalla tai lasisauvasta venyttämällä. Yleisin lasikuitujen valmistusprosessi on sulakehruu. Lasiseos sulatetaan korkeassa lämpötilassa (1400 °C), minkä jälkeen sulaneesta lasiseoksesta poistetaan ilmakuplat. Sula lasimassa puristetaan suulakkeiden läpi, ja muodostuneet lasisäikeet jäädytetään vesisuihkuilla.⁴³⁸

Tärkeimmät tuottajamaat ja osuus globaaleista kuitumarkkinoista
Lasikuitujen suurin tuottajamaa vuonna 2019 oli

Kiina, jonka osuus on noin 30 prosenttia kokonaistuotannosta. Muita merkittäviä lasikuitujen tuotantomaita ovat Belgia, Malesia, Yhdysvallat, Saksa, Egypti, Taiwan, Tšekki, Alankomaat, Ranska, Meksiko, Iso-Britannia ja Slovakia.⁴³⁹

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet
Lasikuitujen murtolujuus on hyvä, mutta ne eivät kestä taivutusta, kiertämistä tai kovaa puristusta. Kuidut sietävät lämpöä hyvin jopa 800 °C lämpötilaan saakka, minkä jälkeen ne alkavat sulaa.⁴⁴⁰ Lasikuiduilla on myös hyvä säänkesto, ja ne sietävät auringonvaloa hyvin. Lisäksi lasikuidut kestävät hyvin hometta.⁴⁴¹

Lasikuitujen ominaisuuksien takia niillä on monia teknisiä käyttötarkoituksia auto-, ilmailu-, meri-, rakennus-, sähkö- ja kuituoptisen teollisuuden

aloilla. Lasikuituja käytetään myös antureissa, lääketieteessä, eristysmateriaaleissa ja tuulienergian tuottamisessa.⁴⁴²

Lasikuiduista valmistetaan komposiittimateriaaleja auton osiin, jotka ovat paljon kevyempiä kuin metalleista valmistetut osat. Lasikuituvahvisteisia komposiitteja käytetään myös muun muassa lentokoneen siipien, veneiden runkojen ja kansien, kylpyammeiden, suihkukoppien, polkupyörien runkojen ja suksien valmistamiseen. Lisäksi niitä voidaan hyödyntää rakennusteollisuuden eristeiden ja piirilevyjen valmistuksessa sekä viestintäjärjestelmien rakentamisessa.⁴⁴³

Lasikuidun käyttö tekstiilitarkoituksissa on hyvin vähäistä, sillä kuidut ovat sellaisenaan hauraita. Hyvän palonkestävyytensä takia lasikuidusta kuitenkin valmistetaan jonkin verran verhoja, lampunvarjostimia ja verhoilukankaita.⁴⁴⁴

Kuidun pituus	Filamentti
Sulamispiste	1120–1490 °C
Murtovenymä	4,8–5,7 %
Murtolujuus kuivana	135–175 cN/tex

Lähde: Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja älykkäät tekstiilit (s. 168)

Hiilikuidut (CF)

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Hiilikuidut ovat pitkiä, erittäin vahvoja ja ohuita kuituja (halkaisijaltaan noin 5–10 µm), jotka koostuvat pääosin hiiliatomeista. Hiiliatomit ovat sitoutuneet toisiinsa mikroskooppisissa kiteissä, jotka ovat linjassa kuidun akselin suuntaisesti.⁴⁴⁵

Hiilikuituja valmistetaan pääasiassa polyakryylinitriilistä pyrolyysillä. Polyakryylinitriilistä valmistetaan ensin kuituja suulakekehruulla, jonka jälkeen ne pestään ja venytetään haluttuun halkaisijaan. Kuidut stabilisoidaan kuumentamalla ne noin 200–300 °C:ssa, jolloin niiden atomisidosmalli järjestäytyy uudelleen ja hapettuu. Stabiloidut kuidut kuumennetaan 1000–2000 °C:ssa hapettomassa tilassa, jolloin kuidut eivät pala, mutta muodostuvat tiiviiksi hiilikiteiksi. Kuumentettaessa kuiduista katoavat muut ainekset, kuten vesihöyry, ammoniakki, vety ja typpi, ja jäljelle jää suurimmaksi osin vain hiiliatomeja. Kuumentamisen kesto ja lämpötila vaikuttavat muodostuvien hiilikiteiden vahvuuteen.⁴⁴⁶

Hiilikuidut itsessään ovat suhteellisen hauraita, joten hiilikuiduista tehdään komposiitteja muiden ainesten, kuten epoksin, polyesterin tai uretaanin kanssa. Jotta muut ainekset saadaan tarttumaan hiilikuituihin, ne käsitellään typpihapolla. Kun hiilikuidut ovat yhdistetty vahvistavaan ainekseen, niistä voidaan valmistaa levyjä tekstiilimenetelmin.⁴⁴⁷

Tärkeimmät tuottajamaat ja osuus globaaleista kuitumarkkinoista

Hiilikuidun kokonaistuotannon on arvioitu olleen noin 187 000 tonnia vuonna 2024.⁴⁴⁸

Hiilikuitua tuotetaan pääasiassa Yhdysvalloissa, Japanissa, Kiinassa ja myös Euroopassa.⁴⁴⁹

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Hiilikuidut ovat kevyitä, kovia ja tiheitä kuituja. Kuiduilla on erittäin korkea sähkönjohtavuus, alhainen lämpölaajenemisen suhde ja hyvä mittapysyvyys. Hiilikuidut säilyttävät suorituskykynsä korkeissa lämpötiloissa.⁴⁵⁰

Ohuutensa takia hiilikuituja voidaan käsitellä perinteisillä tekstiilivalmistusmenetelmillä, kuten neulomalla, kutomalla ja punomalla. Hiilikuituja käytetään useimmiten vahvisteena komposiittimateriaaleissa, ja niistä valmistetaan urheiluvälineitä ja tarvikkeita muun muassa auto-, lento- ja avaruusteollisuuteen.⁴⁵¹ Hiilikuidut ovat yleisiä käyttötarkoituksissa, joissa vaaditaan suurta lujuutta, mutta myös keveyttä.

Tuotannon vastuullisuusnäkökulmat

Hiilikuitujen tuotannon merkittävimmät ympäristövaikutukset liittyvät uusiutumattomien luonnonvarojen käyttöön sekä prosessin energian ja kemikaalien kulutukseen. Hiilikuitujen valmistuksen aikana tehtaiden työntekijät saattavat altistua pienille hiilikuituhiukkasille, jotka voivat aiheuttaa ärsytystä iholle ja silmille sekä pitkäaikaisessa altistumisessa keuhkosairauksia.⁴⁵²

Kauppanimet

Hiilikuidun kauppanimiä ovat muun muassa Pyrofil™, HexTow®, Granoc™, Thornel®, Thermal-Graph® ja Torayca®.

Metallikuidut (MTF)

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Metallikuituja saadaan esimerkiksi puhtaasta kullasta, hopeasta, kuparista, volframista, teräksestä ja pronssista tai metallien sekoituksista.

Metallikuitujen valmistukseen on useita erilaisia valmistustapoja ja niitä voidaan työstää joko huonelämpötilassa tai korkeissa lämpötiloissa. Metallikuituja valmistetaan vetämällä metalleista ohuita lankoja tai leikkaamalla ohuista metallilevyistä ohuita liuskoja. Metallikuituja voidaan valmistaa myös sulakekehruumenetelmällä tai valamalla. Valmistetuista metallikuiduista voidaan kehrätä suoraan lankaa tai niitä voidaan sekoittaa esimerkiksi polyesterin, puuvillan tai villan kanssa langaksi. Metallikuiduista voidaan valmistaa tuotteita neulomalla, kutomalla ja punomalla. Leikatuiista kuiduista voidaan myös tehdä kuitukan-kaita.⁴⁵³

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Metallikuiduilla on poikkeukselliset mekaaniset, termiset, sähköiset ja magneettiset ominaisuudet. Metallikuidut ovat elastisia ja lujia kuituja.⁴⁵⁴

Tekstiileissä metallikuituja käytetään pääasiassa koristeiden valmistukseen. Perinteisesti

hienoja metallikuituja on käytetty esimerkiksi intialaisten naisten perinnepuvun Sarin koriste-luun. Metallikuiduilla on kuitenkin tärkeitä käyttökohteita myös antistaattisissa tekstiileissä, joita käytetään suojavaatetuksessa ja sisustustekstiileissä. Myös älytekstiileissä hyödynnetään metallikuituja.⁴⁵⁵

Tuotannon vastuullisuusnäkökulmat

Metallikuitujen vastuullisuusnäkökulmat liittyvät pitkälti raaka-aineena käytettävien metallien tuotantoon. Mahdollisten riskien tunnistaminen ja ennaltaehkäisy vaatii metallikuituja runsaasti käyttäviltä yrityksiltä pitkäjänteistä yhteistyötä tuotantoketjun läpinäkyvyyden lisäämiseksi.

Vastuullisemmat vaihtoehdot

Neitseellisten luonnonvarojen kulutusta voidaan vähentää hyödyntämällä metallikuitujen raaka-aineena kierrätysmetallia.

Kauppanimet

Metallikuitujen kauppanimiä on muun muassa Bekinox®.

”Myös älytekstiileissä hyödynnetään metallikuituja.”

Metalloidut kuidut

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Metalloidut kuidut eroavat metallikuiduista kuidun koostumuksen perusteella. Metalloiduissa kuiduissa vain kuidun ydin tai pinta koostuu metalleista tai metalliseoksista.⁴⁵⁶

Metalloituja kuituja voidaan valmistaa muun muassa laminoimalla alumiinikalvo selluloosa-asetaattibutyraattikalvolla tai polyesterikalvolla ja leikkaamalla laminoitu kalvo ohuiksi liuskoiksi. Näin syntyy esimerkiksi Lurex®-tavaramerkillä markkinoitua metalloitua lankaa. Metalloitua kuitua syntyy myös päällystämällä tavallista kuitulankaa metallijauheella ja kietomalla ohutta metallilankaa kuitulangan ympärille.⁴⁵⁷

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Metalloituja kuituja käytetään tekstiileissä lämpösäteilyltä suojaaviin ja lämpöä heijastaviin vaatteisiin. Metalloituja kuituja käytetään tekstiileissä usein koristetarkoituksiin.⁴⁵⁸

Tuotannon vastuullisuusnäkökulmat

Metalloitujen kuitujen vastuullisuusnäkökulmat ovat samat kuin metallikuiduilla ja riippuvat pitkälti raaka-aineena käytetystä metallista.

Kauppanimet

Metalloitujen kuitujen kauppanimiä on muun muassa Lurex®.

”Metalloituja kuituja käytetään tekstiileissä usein koristetarkoituksiin.”

Keraamiset kuidut (CEF)

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Keraamiset kuidut ovat pääasiassa yhdisteitä, joilla on yleensä kiteinen rakenne.⁴⁵⁹ Keraamisia kuituja voidaan valmistaa muun muassa alumiinioksidista, berylliumoksidista, zirkoniumoksidista, titaanioksidista, piikarbidista tai piinitridistä.⁴⁶⁰ Keraamisia kuituja on kehitetty kestäämään vielä enemmän lämpöä kuin lasi tai asbesti. Keraamisten kuitujen ylin suositeltava lämpötila on 1200 °C, vaikkakin sulamispiste voi olla jopa 1815 °C.⁴⁶¹

Keraamisia kuituja valmistetaan normaalilla viskoosimenetelmällä, mutta viskoosikehruumasaan sekoitetaan epäorgaanista yhdistettä. Viskoosimenetelmällä valmistettuja kuituja hehkutetaan yli 1000 °C:n lämpötilassa, jolloin selluloosa häviää ja jäljelle jää epäorgaaninen sintrattu kuitu.⁴⁶²

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Keraamisilla kuiduilla on alhainen lämmönjohtavuus, alhainen lämpökapasiteetti ja korkea kemikaalien kestävyys.⁴⁶³

Keraamisia kuituja käytetään eristeinä esimerkiksi metallien valmistusprosesseissa korkean lämpötilan uunien tiivisteinä. Keraamisia kuituja käytetään myös äänenvaimentimina ajoneuvoissa, kopiokoneiden komponenteissa, uunien ovitiivisteissä ja kemikaalisäiliöissä. Keraamiset kuidut valmistetaan usein vanumaiseksi levyksi, langaksi, köydeksi tai paperiksi.⁴⁶⁴

Tuotannon vastuullisuusnäkökulmat

Keraamisten kuitujen tuotannon merkittävimmät ympäristövaikutukset liittyvät uusiutumattomien luonnonvarojen käyttöön sekä prosessin energian ja kemikaalien kulutukseen.

”Keraamisia kuituja valmistetaan normaalilla viskoosimenetelmällä, mutta viskoosikehruumassaan sekoitetaan epäorgaanista yhdistettä.”

Suomalaiset kuituinnovaatiot

Tekstiilikuitujen tuotantoon liittyy eettisiä ja ekologisia ongelmia, minkä vuoksi globaali tekstiiliteollisuus etsii ja kehittää jatkuvasti uusia, vastuullisempia tekstiilikuituja. Suomessa on kehitetty menestyksekkäästi uusia selluloosamuuntokuituja, joita voidaan valmistaa bio- ja kierrätyspohjaisista raaka-aineista. Niiden tuotantoprosessit ovat huomattavasti ympäristöystävällisempiä kuin nykyisin käytössä olevat prosessit.

Tulevaisuudessa näillä uusilla kuiduilla voidaan korvata perinteisten materiaalien, kuten puuvillan, viskoosin tai polyesterin käyttöä. Kuidunvalmistusprosessit mahdollistavat myös kuitujen kierrättämisen uudelleen samassa prosessissa ilman laadun heikkenemistä.

Näiden uusien selluloosamuuntokuitujen tulevaisuuden tuotekehitys tulee mahdollistamaan kuitujen käytön useissa eri käyttökohteissa ja kuitusekoitteissa.

”Suomessa on kehitetty menestyksekkäästi uusia selluloosamuuntokuituja.”

Infinna™

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Infinited Fiberin kehittämällä selluloosakarbamaattimenetelmällä voidaan valmistaa tekstiilijätteestä täysin uutta tekstiilikuitua. Infinna™-kuidun raaka-aineena voidaan käyttää myös muita selluloosapitoisia jäte- ja sivuvirtoja, kuten kierrätyskartonkia ja -paperia sekä vehnänoljen kaltaisia maatalouden sivuvirtoja.

Kuidun valmistus alkaa raaka-aineen alkukäsittelystä, joka räätälöidään käytettävän raaka-aineen mukaisesti. Tekstiilijätteen osalta prosessi alkaa lajittelusta ja mekaanisesta repimisestä, jonka jälkeen selluloosakuitu erotellaan liuottamalla muista kuiduista, kuten polyesterista. Karbamointivaihe, jossa selluloosa reagoi urean kanssa, on menetelmän ydin, ja tästä vaiheesta alkaen menetelmä on sama raaka-aineesta riippumatta. Prosessista syntyvä selluloosakarbamaattipulveri liuotetaan nesteeksi, ja neste kehrätään selluloosakarbamaattikuiduksi.

Käytön jälkeen kuidusta valmistetut tekstiilit voidaan kierrättää uudelleen samassa prosessissa yhdessä muun tekstiilijätteen kanssa. Kuitu on sellaisenaan biohajoavaa.⁴⁶⁵

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Infinna™-kuidulla on luonnollinen, puuvillan kaltainen tuntu ja sen värjäytyvyys on erinomainen.

Kuidut ovat vahvoja, pehmeitä ja kestäviä, ja niillä on luonnolliset antimikrobiset ominaisuudet.

Infinna™-kuitua voi käyttää kuten mitä tahansa tekstiilikuitua langan sekä kankaiden ja neulosten valmistuksessa. Kuidun ominaisuudet muistuttavat puuvillaa, joten se soveltuu vastaavanlaisiin käyttötarkoituksiin kuin puuvilla. Infinna™-kuiduista voidaan valmistaa vaatetus-tekstiilejä, kuten t-paitoja, puseroita, farkkuja ja housuja. Kuiduista voidaan valmistaa myös sisustustekstiilejä, kuten lakanoita. Infinna™-kuitu soveltuu erinomaisesti myös kuitukankaiden valmistukseen.

Tuotannon vastuullisuusnäkökulmat

Valmistusmenetelmän suurimmat ympäristöhyödyt liittyvät raaka-aineiden kierron ylläpitoon sekä maailmanlaajuisen tekstiilijäteongelman vähentämiseen. Puuvillaan, viskoosiin ja polyesteriin verrattuna Infinnan™ valmistus on varsin ympäristöystävällistä. Valmistusprosessissa käytetyt kemikaalit eivät ole yhtä haitallisia kuin esimerkiksi viskoosin valmistuksessa. Lisäksi prosessiin tarvittava vesi voidaan kierrättää ja käyttää prosessissa uudelleen. Infinna™-kuidusta valmistetut tuotteet voidaan myös käytön jälkeen kierrättää uudelleen samassa prosessissa yhdessä muun tekstiilijätteen kanssa. Kuitu on sellaisenaan biohajoavaa.

Spinnova®

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Spinnova®-kuitu valmistetaan hienontamalla mekaanisesti sellumassaa mikrofibrilloiduksi selluloosaksi (MFC). Spinnova käyttää materiaalinsa raaka-aineena tällä hetkellä FSC-sertifioitua puusellua, mutta raaka-aineeksi soveltuvat esimerkiksi myös selluloosaa sisältävä tekstiilijäte tai maatalouden sivuvirrat, kuten vehnän tai ohran olki. Menetelmällä voidaan valmistaa kuitua myös nahkajätteestä.

Spinnova®-kuitujen raaka-aine käsitellään mekaanisesti ilman kemiallista liuotusta. Mekaanisesti käsitelty selluloosa prosessoidaan mikrofibrilloiduksi selluloosaksi, joka puristetaan paineella suulakkeiden läpi. Suulakekehrätyt kuidut kuivataan ja kehrätään langaksi. Spinnova®-kuidut voidaan värjätä ennen langaksi kehräämistä, jolloin säästytään perinteisten värjäysmenetelmien veden kulutukselta ja kemikaalien käytöltä.⁴⁶⁶

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Spinnova®-kuidun tuntu on lähimpänä puuvillaa tai pellavaa. Kuitu on lujaa sekä hyvin värjäyty-

vää ja sen lämmöneristävyys on villan kaltainen. Spinnova®-kuiduista voidaan valmistaa muun muassa vaatetus- ja sisustustekstiilejä, jalkineita, asusteita ja kuitukankaita.⁴⁶⁷

Tuotannon vastuullisuusnäkökulmat

Spinnova®-kuidun tuotannossa käytetään tällä hetkellä FSC- ja PEFC-sertifioitua puusellua. Sertifioinnit takaavat, että kuidun raaka-aineena käytettyä metsää hoidetaan kestäväällä tavalla niin ympäristön kuin ihmisten näkökulmasta. Kuidun valmistusmenetelmä on merkittävästi ympäristöystävällisempi kuin puuvillan tai viskoosin tuotanto. Suljetun kierron prosessissa ei tarvita lainkaan haitallisia kemikaaleja tai liuottimia, eikä siinä muodostu jätevirtoja. Lisäksi vedenkulutus on Spinnovan mukaan puuvillaan verrattuna 99 prosenttia alhaisempaa. Spinnova®-kuidusta valmistetut tuotteet voidaan myös käytön jälkeen kierrättää uudelleen samassa prosessissa ilman kuidun laadun heikkenemistä. Spinnovan teknologialla valmistettu kuitu on sellaisenaan biohajoavaa.

Ioncell®

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Aalto-yliopiston ja Helsingin yliopiston kehittämällä Ioncell-menetelmällä voidaan valmistaa laadukasta tekstiilikuitua selluloosapitoisista jätte- ja sivuvirroista, kuten esimerkiksi puusta, kierätyspaperista ja -pahvista sekä tekstiilijätteestä. Myös hampuneuloksen kierrättämistä uusiksi Ioncell®-kuiduiksi on tutkittu.

Ioncell®-valmistusprosessissa käytetään ionista nestettä selluloosan liuottamiseen, minkä jälkeen kuidut valmistetaan hyödyntämällä ilmarakokehruumenetelmää. Ainoat käytetyt kemikaalit ovat myrkytön ioninen neste sekä vesi, jotka voidaan kierrättää prosessissa.⁴⁶⁸

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Ioncell®-kuidulla on luonnonkuidun pehmeä tuntu, silkkimäinen hohde ja se on erittäin vahvaa jopa märkänä. Kuidusta valmistettu kangas on hyvin värjäytyvää ja sitä on helppo työstää. Ioncell®-kuitu on sellaisenaan biohajoavaa. Kun hampuneuloksen kierrättämistä Ioncell®-kuiduiksi tutkittiin, kuitujen ominaisuudet vain paranivat kierrätysprosessissa; Ioncell®-neulos oli paitsi

vahvempaa, myös kiiltävämpää ja pehmeämpää verrattuna alkuperäiseen hampuneulokseen.

Ioncell®-kuiduista voidaan valmistaa vaatetus- ja sisustustekstiilejä. Kuidut soveltuvat hyvin myös teknisiin tarkoituksiin.⁴⁶⁹

Tuotannon vastuullisuusnäkökulmat

Valmistusmenetelmän suurimmat ympäristöhyödyt liittyvät raaka-aineiden kierron ylläpitoon. Menetelmä on merkittävästi ympäristöystävällisempi kuin puuvillan tai viskoosin tuotanto. Ainoat käytetyt kemikaalit ovat myrkytön ioninen neste sekä vesi, jotka voidaan kierrättää prosessissa. Ioncell®-kuidusta valmistetut tuotteet voidaan myös käytön jälkeen kierrättää uudelleen samassa prosessissa ilman kuidun laadun heikkenemistä.

Kuura®

Kuidun raaka-aine ja valmistustavat

Kuura®-tekstiilikuidun raaka-aineena hyödynnetään kuivaamatonta, suomalaisesta havupuusta valmistettua paperisellua, jota tuotetaan Metsä Groupin biotuotetehtaassa Äänekoskella. Tehdas toimii ilman fossiilista energiaa ja tuottaa uusiutuvaa energiaa yli oman tarpeensa.

Kuidun valmistusmenetelmä perustuu suoraluotukseen, jossa sellu liukenee sellaisenaan uudenlaiseen ioniseen yhdisteeseen. Erikoisuutena on se, että lähtömateriaali on kuivaamaton paperisellu eikä liukosellu, josta valmistetaan muun muassa viskoosia tai lyocellia. Käyttämällä paperisellua saadaan puusta suurempi hyöty kuin valmistamalla kuitua liukosellusta.

Kuidun ominaisuudet ja käyttökohteet

Kuura®-tekstiilikuitu on ominaisuuksiltaan lyocel-

lin kaltaista, sellaisenaan biohajoavaa ja prosessissa uudestaan kierrätettävää tekstiilikuitua. Kuitua voidaan vastaavissa käyttötarkoituksissa kuin muitakin selluloosapohjaisia kuituja, kuten puuvillaa, viskoosia ja lyocellia.⁴⁷⁰

Tuotannon vastuullisuusnäkökulmat

Kuura-kuidusta tehdyn elinkaariarvioinnin mukaan kuidun ilmastoa lämmittävä vaikutus on alle kolmasosa viskoosin ja neljäsosa puuvillan ilmastovaikutuksista. Kuuran lähimpänä kaupallisena kuituna pidetään lyocellia, johon verrattuna Kuuran ilmastovaikutus on jopa 80 prosenttia pienempi.

Kuura on kierrätettävissä kuten muutkin selluloosamuuntokuidut. Kuidun raaka-aineen alkuperä voidaan jäljittää suomalaisiin metsiin asti.⁴⁷¹

¹ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit.

² Fiber Year 2025

³ Sinclair, R. (toim.) (2014), Textiles and Fashion: Materials, Design and Technology (s. 10)

⁴ Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja älykkäät tekstiilit (s. 33).

⁵ Liu, Q., Luo, L., & Zheng, L. (2018), Lignins: Biosynthesis and Biological Functions in Plants. International journal of molecular sciences, 19(2), 335.
<https://doi.org/10.3390/ijms19020335>

⁶ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 26-27)

⁷ Sinclair, R. (toim.) (2014), Textiles and Fashion: Materials, Design and Technology (s. 31-32)

⁸ Sinclair, R. (toim.) (2014), Textiles and Fashion: Materials, Design and Technology (s. 31-32)

⁹ Fiber Year 2025

¹⁰ Textile Exchange (2024), Materials Market Report 2024

¹¹ Textile Exchange (2024), Materials Market Report 2024

¹² Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 31)

¹³ Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja älykkäät tekstiilit (s. 35)

¹⁴ Nawab, Y. (toim.) (2016), Textile Engineering: An introduction (s. 10)

¹⁵ Fairtrade Foundation (9.7.2021), Cotton farmers, <https://www.fairtrade.org.uk/farmers-and-workers/cotton/>

¹⁶ International Labour Organization (2018), Clear Cotton project https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed_norm/@ipec/documents/publication/wcms_650172.pdf

¹⁷ Textile Exchange (2017), Quick Guide to Organic Cotton, <https://textileexchange.org/quick-guide-to-organic-cotton/>

¹⁸ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 34)

¹⁹ Ellen MacArthur Foundation (2017), A New Textiles Economy: Redesigning Fashion's Future (s. 120)

²⁰ Textile Exchange (2021), Preferred Fiber Material Market Report 2021 (s. 10)

²¹ Sinclair, R. (toim.) (2014), Textiles and Fashion: Materials, Design and Technology (s. 52)

²² Textile Exchange (2021), Organic Cotton Market Report 2021 (s. 22)

²³ Better Cotton Initiative, <https://bettercotton.org/>

²⁴ Textile Exchange (2021), Preferred Fiber Material Market Report 2021 (s. 20)

²⁵ Sinclair, R. (toim.) (2014), Textiles and Fashion: Materials, Design and Technology (s. 42)

²⁶ Hasan, M. (2020), What is Kapok Fiber?, Textile Blog, <https://www.textileblog.com/kapok-fiber-properties-processing-and-applications/> (haettu 27.7.2021)

²⁷ Textile Exchange (2024), Materials Market Report 2024

²⁸ Fiber Year 2025

²⁹ Markova, I. (2019), Textile Fiber Microscopy: A Practical Approach (s. 6)

³⁰ Sinclair, R. (toim.) (2014), Textiles and Fashion: Materials, Design and Technology (s. 40)

³¹ Markova, I. (2019), Textile Fiber Microscopy: A Practical Approach (s. 6)

³² Sinclair, R. (toim.) (2014), Textiles and Fashion: Materials, Design and Technology (s. 42)

³³ Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja älykkäät tekstiilit (s. 35)

³⁴ Markova, I. (2019), Textile Fiber Microscopy: A Practical Approach (s. 7)

³⁵ Markova, I. (2019), Textile Fiber Microscopy: A Practical Approach (s. 8)

³⁶ Fashion United, Sustainable Textile Innovations: kapok fibres (ladattu 19.10.2021)

³⁷ Nawab, Y. (toim.) (2016), Textile Engineering : An introduction (s. 10)

³⁸ Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja älykkäät tekstiilit (s. 36)

³⁹ Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja älykkäät tekstiilit (s. 36)

⁴⁰ Fiber Year 2025

⁴¹ Fiber Year 2025

⁴² Sinclair, R. (toim.) (2014), Textiles and Fashion: Materials, Design and Technology (s. 45)

⁴³ Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja älykkäät tekstiilit (s. 36)

⁴⁴ Sinclair, R. (toim.) (2014), Textiles and Fashion: Materials, Design and Technology (s. 45)

⁴⁵ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 41)

⁴⁶ Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja älykkäät tekstiilit (s. 36)

⁴⁷ The Council of Fashion Designers of America, Materials Index: Flax (linen) (luettu 19.10.2021)

⁴⁸ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 41)

⁴⁹ The Council of Fashion Designers of America, Materials Index: Flax (linen) (luettu 19.10.2021)

⁵⁰ The Council of Fashion Designers of America, Materials Index: Flax (linen) (luettu 19.10.2021)

⁵¹ Textile Exchange (2021), Preferred Fiber Material Market Report 2021 (s. 24)

⁵² Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 43)

⁵³ Sinclair, R. (toim.) (2014), Textiles and Fashion: Materials, Design and Technology (s. 48)

⁵⁴ Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja älykkäät tekstiilit (s. 38)

⁵⁵ Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja älykkäät tekstiilit (s. 38)

⁵⁶ Fiber Year 2025

⁵⁷ Fiber Year 2025

⁵⁸ Fiber Year 2025

⁵⁹ Sinclair, R. (toim.) (2014), Textiles and Fashion: Materials, Design and Technology (s. 48)

⁶⁰ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 44)

⁶¹ Sinclair, R. (toim.) (2014), Textiles and Fashion: Materials, Design and Technology Sinclair (s. 48)

⁶² Markova, I. (2019), Textile Fiber Microscopy: A Practical Approach (s. 22)

⁶³ Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja älykkäät tekstiilit (s. 38)

⁶⁴ Nawab, Y. (toim.) (2016), Textile Engineering: An introduction (s. 12)

⁶⁵ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 44)

⁶⁶ Nawab, Y. (toim.) (2016), Textile Engineering: An introduction (s. 12)

⁶⁷ The Sustainable Fashion Collective, Jute – Why Is It a Sustainable Fibre? (luettu 19.10.2021)

⁶⁸ Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja älykkäät tekstiilit (s. 37)

⁶⁹ Nawab, Y. (toim.) (2016), Textile engineering: An introduction (s. 13)

⁷⁰ Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja älykkäät tekstiilit (s. 37)

⁷¹ Fiber Year 2025

⁷² Textile Exchange (2024), Materials Market Report 2024

⁷³ Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja älykkäät tekstiilit (s. 37)

⁷⁴ Nawab, Y. (toim.) (2016), Textile Engineering: An introduction (s. 13)

⁷⁵ Textile Exchange (2020), Preferred Fiber Material Market Report 2020 (s. 20)

⁷⁶ Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja älykkäät tekstiilit (s. 37)

⁷⁷ Sinclair, R. (toim.) (2014), Textiles and Fashion: Materials, Design and Technology (s. 51)

⁷⁸ Textile World (2020), Hemp: A Reintroduction To One Of The Original Textile Inputs

⁷⁹ Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja älykkäät tekstiilit (s. 39)

⁸⁰ Sinclair, R. (toim.) (2014), Textiles and Fashion: Materials, Design and Technology (s. 46)

⁸¹ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 45)

⁸² Sinclair, R. (toim.) (2014), Textiles and Fashion: Materials, Design and Technology (s. 47)

⁸³ Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja älykkäät tekstiilit (s. 39)

⁸⁴ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 45)

⁸⁵ Fiber Year 2025

⁸⁶ Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja älykkäät tekstiilit (s. 40)

⁸⁷ Nawab, Y. (toim.) (2016), Textile Engineering: An introduction (s. 14)

⁸⁸ Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja älykkäät tekstiilit (s. 40)

⁸⁹ Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja älykkäät tekstiilit (s. 40)

⁹⁰ Markova, I. (2019), Textile Fiber Microscopy: A Practical Approach (s. 22)

⁹¹ Sadik, S. (2019), Production of Nettle (Urtica Dioica), Environmental and Economic Valuation in Conventional Farming

⁹² Sadik, S. (2019), Production of Nettle (Urtica Dioica), Environmental and Economic Valuation in Conventional Farming (s. 11)

⁹³ Sadik, S. (2019), Production of Nettle (Urtica Dioica), Environmental and Economic Valuation in Conventional Farming (s. 11)

⁹⁴ Textile Exchange (2020), Preferred Fiber Material Market Report 2020 (s. 27)

⁹⁵ Kamppuri, T. (2020), Biopohjaiset kuidut (selvitys)

⁹⁶ Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja älykkäät tekstiilit (s. 40)

⁹⁷ Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja älykkäät tekstiilit (s. 40)

⁹⁸ Sadik, S. (2019), Production of Nettle (Urtica Dioica), Environmental and Economic Valuation in Conventional Farming (s. 15)

⁹⁹ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 46)

¹⁰⁰ Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja älykkäät tekstiilit (s. 41)

¹⁰¹ Nawab, Y. (toim.) (2016), Textile Engineering: An introduction (s. 13)

¹⁰² Fiber Year 2025

¹⁰³ Fiber Year 2024

¹⁰⁴ Food and Agriculture Organization of the United Nations (2024), Jute, Kenaf, Sisal, Abaca, Coir and Allied Fibres – Statistical Bulletin

¹⁰⁵ Nawab, Y. (toim.) (2016), Textile Engineering: An introduction (s. 13)

¹⁰⁶ Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja älykkäät tekstiilit (s. 41)

¹⁰⁷ Fibre2Fashion, Sustainable Sisal Staging Comeback in New Avatar (luettu 20.10.2021)

¹⁰⁸ Food and Agriculture Organization of the United Nations, Future Fibres: Sisal (luettu 20.10.2021)

¹⁰⁹ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 46)

¹¹⁰ Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja älykkäät tekstiilit (s. 41)

¹¹¹ Fiber Year 2025

¹¹² Food and Agriculture Organization of the United Nations (2024), Jute, Kenaf, Sisal, Abaca, Coir and Allied Fibres – Statistical Bulletin

¹¹³ Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja älykkäät tekstiilit (s. 41)

¹¹⁴ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 46)

¹¹⁵ Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja älykkäät tekstiilit (s. 41)

¹¹⁶ Food and Agriculture Organization of the United Nations, Future Fibres: Sisal (luettu 20.10.2021)

¹¹⁷ Sinclair, R. (toim.) (2014), Textiles and Fashion: Materials, Design and Technology (s. 50)

¹¹⁸ Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja älykkäät tekstiilit (s. 38)

¹¹⁹ Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja älykkäät tekstiilit (s. 38)

¹²⁰ Webber, C., Bledsoe, V. & Bledsoe, R. (2002), Kenaf Harvesting and Processing

¹²¹ Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja älykkäät tekstiilit (s. 38)

¹²² Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja älykkäät tekstiilit (s. 38)

¹²³ Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja älykkäät tekstiilit (s. 39)

¹²⁴ Fibre2Fashion, Ecology, Economy & Equity: Kenaf Fibre Fabrics (luettu 21.10.2021)

¹²⁵ Markova, I. (2019), Textile Fiber Microscopy: A Practical Approach (s. 27)

¹²⁶ Cook, J. G. (2012), Handbook of Textile Fibres. Volume 1, Natural fibers (Fifth edition.)

¹²⁷ Britannica (haettu 29.7.2021)

¹²⁸ Cook, J. G. (2012), Handbook of Textile Fibres. Volume 1, Natural Fibers (Fifth edition.)

¹²⁹ Cook, J. G. (2012), Handbook of Textile Fibres. Volume 1, Natural Fibers (Fifth edition.)

¹³⁰ Britannica (haettu 29.7.2021) <https://www.britannica.com/plant/henequen>

¹³¹ Britannica (haettu 29.7.2021) <https://www.britannica.com/plant/henequen>

²⁷³ The Council of Fashion Designers of America, Materials Index: Silk (luettu 21.10.2021) <https://cfda.com/resources/materials/detail/silk>

²⁷⁴ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 66)

²⁷⁵ Franck, R. (2001), Silk, Mohair, Cashmere and Other Luxury Fibres (s. 23)

²⁷⁶ Das, S. (1992), The Preparation and Processing of Tussah Silk, (Journal of the Society of Dyers and Colourists) (s. 481)

²⁷⁷ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 63)

²⁷⁸ Franck, R. (2001), Silk, Mohair, Cashmere and Other Luxury Fibres (s. 23)

²⁷⁹ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 62)

²⁸⁰ Textile Exchange (2021), Preferred Fiber & Materials Market Report 2021 (s. 53)

²⁸⁵ Changing Markets Foundation (2017), Dirty Fashion: How Pollution in the Global Textiles Supply Chain is Making Viscose Toxic (s. 9)

²⁸⁶ Changing Markets Foundation (2017), Dirty Fashion: How Pollution in the Global Textiles Supply Chain is Making Viscose Toxic (s. 13)

²⁸⁷ Changing Markets Foundation (2017), Dirty Fashion: How Pollution in the Global Textiles Supply Chain is Making Viscose Toxic (s. 13)

²⁸⁸ Changing Markets Foundation (2017), Dirty Fashion: How Pollution in the Global Textiles Supply Chain is Making Viscose Toxic (s. 13)

²⁸⁹ Changing Markets Foundation (2017), Dirty Fashion: How Pollution in the Global Textiles Supply Chain is Making Viscose Toxic (s. 13)

²⁹⁰ Textile Exchange (2024), Materials Market Report 2024

²⁹¹ Fiber Year 2025

²⁹² Fiber Year 2025

²⁹³ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 92–94)

²⁹⁴ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 92)

²⁹⁵ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 94)

²⁹⁶ Changing Markets Foundation (2017), Dirty Fashion: How Pollution in the Global Textiles Supply Chain is Making Viscose Toxic (s. 9)

²⁹⁷ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 94)

²⁹⁸ Changing Markets Foundation (2017), Dirty Fashion: How Pollution in the Global Textiles Supply Chain is Making Viscose Toxic (s. 18)

²⁹⁹ Changing Markets Foundation (2017), Dirty Fashion: How Pollution in the Global Textiles Supply Chain is Making Viscose Toxic (s. 18)

³⁰⁰ Textile Exchange (2021), Preferred Fiber Material Market Report 2021 (s. 63)

³⁰¹ Ellen MacArthur Foundation (2017), A new textiles economy: Redesigning fashion's future (s. 120)

³⁰² Gullingsrud, A. (2001), Fashion Fibers: Designing For Sustainability (s. 170-177)

³⁰³ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 95)

³⁰⁴ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 95)

³⁰⁵ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 95)

³⁰⁶ Textile Exchange (2024), Materials Market Report 2024

³⁰⁷ Gullingsrud, A. (2001), Fashion Fibers: Designing For Sustainability (s. 170-177)

³⁰⁸ Gullingsrud, A. (2001), Fashion Fibers: Designing for Sustainability (s. 170-177)

³⁰⁹ Gullingsrud, A. (2001), Fashion Fibers: Designing for Sustainability (s. 170-177)

³¹⁰ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 96)

³¹¹ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 96)

³¹² Textile Exchange (2024), Materials Market Report 2024

³¹³ Textile Exchange (2024), Materials Market Report 2024

³¹⁴ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 96)

³¹⁵ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 96)

³¹⁶ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 96)

³¹⁷ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 95)

³¹⁸ Textile Exchange (2024), Materials Market Report 2024

³¹⁹ Gullingsrud, A. (2001), Fashion Fibers: Designing for Sustainability (s. 178-183)

³²⁰ Gullingsrud, A. (2001), Fashion Fibers: Designing for Sustainability (s. 178-183)

³²¹ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 95)

³²² Gullingsrud, A. (2001), Fashion Fibers: Designing for Sustainability (s. 178-183)

³²³ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 97)

³²⁴ Textile Exchange (2024), Materials Market Report 2024

³²⁵ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 97)

³²⁶ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 98)

³²⁷ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 97-98)

³²⁸ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 97)

³²⁹ Eberle, H. et al. (2004), Ammattina vaate (WSOY)

³³⁰ Eberle, H. et al. (2004), Ammattina vaate (WSOY)

³³¹ Markova, I. (2019), Textile Fiber Microscopy: A Practical Approach (s. 113)

³³² Mather, R. & Wardman, R. (2015), Chemistry of Textile Fibres (2nd Edition)

³³³ Markova, I. (2019), Textile Fiber Microscopy: A Practical Approach (s. 113)

³³⁴ Textile School (2018), Manmade Regenerated Protein Fibres, <https://www.textileschool.com/451/manmade-regenerated-protein-fibres/> (20.7.2021)

³³⁵ Mather, R. & Wardman, R. (2015), Chemistry of Textile Fibres (2nd Edition)

³³⁶ Markova, I. (2019), Textile Fiber Microscopy: A Practical Approach (s. 113)

³³⁷ Mather, R. & Wardman, R. (2015), Chemistry of Textile Fibres (2nd Edition)

³³⁸ Fiber Year 2025

³³⁹ Sinclair, R. (toim.) (2014), Textiles and Fashion: Materials, Design and Technology (s. 98)

³⁴⁰ Ellen MacArthur Foundation (2017), A New Textiles Economy: Redesigning Fashion's Future (s. 119)

³⁴¹ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 68)

³⁴² Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 74, 78)

³⁴³ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 74)

³⁴⁴ Fiber Year 2025

³⁴⁵ Textile Exchange (2024), Materials Market Report 2024

³⁴⁶ Fiber Year 2021, s. 321 & 322.

³⁴⁷ Sinclair, R. (toim.) (2014), Textiles and Fashion: Materials, Design and Technology (s. 105)

³⁴⁸ Sinclair, R. (toim.) (2014), Textiles and Fashion: Materials, Design and Technology (s. 103)

³⁴⁹ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 78)

³⁵⁰ European Parliamentary Research Service (2019): Environmental

Impact of the Textile and Clothing Industry (luettu 21.10.2021) [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/633143/EPRS_BRI\(2019\)633143_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/633143/EPRS_BRI(2019)633143_EN.pdf)

³⁵¹ Textile Exchange (2024), Materials Market Report 2024

³⁵² Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 78)

³⁵³ Markova, I. (2019), Textile Fiber Microscopy: A Practical Approach (s. 173)

³⁵⁴ Textile Exchange (2021), Preferred Fiber & Materials Market Report 2021 (s. 73)

³⁵⁵ Textile Exchange (2024), Materials Market Report 2024

³⁵⁶ Eberle, H. et al. (2004), Ammattina vaate (s. 39)

³⁵⁷ Markova, I. (2019), Textile Fiber Microscopy: A Practical Approach (s. 124)

³⁵⁸ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 78)

³⁵⁹ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 79)

³⁶⁰ Fiber Year 2025

³⁶¹ Fiber Year 2021, s. 321 & 322

³⁶² Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 79)

³⁶³ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 81)

³⁶⁴ Ellen MacArthur Foundation (2017), A New Textiles Economy: Redesigning Fashion's Future (s. 119)

³⁶⁵ Textile Exchange (2021), Preferred Fiber & Materials Market Report 2021 (s. 81)

³⁶⁶ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 81)

³⁶⁷ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 79)

³⁶⁸ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 85)

³⁶⁹ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 85))

³⁷⁰ Fiber Year 2025

³⁷¹ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 86)

³⁷² Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 87))

³⁷³ Gullingsrud, A. (2001), Fashion Fibers: Designing for Sustainability (s. 120-127)

³⁷⁴ Textile Exchange (2021), Preferred Fiber & Materials Market Report 2021 (s. 87)

³⁷⁵ Fiber Journal (2021): Elastane Materials Expand with 'Responsible' Stretch, (luettu 21.10.2021), <https://fiberjournal.com/elastane-materials-expand-with-responsible-stretch/>

³⁷⁶ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 85)

³⁷⁷ Eberle, H. et al. (2004), Ammattina vaate (s. 41)

³⁷⁸ Markova, I. (2019), Textile Fiber Microscopy: A Practical Approach (s. 136)

³⁷⁹ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 82)

³⁸⁰ Fiber Year 2025

³⁸¹ Fiber Year 2025

³⁸² Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 82)

³⁸³ Gullingsrud, A. (2001), Fashion Fibers: Designing for Sustainability (s. 128–133)

³⁸⁴ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 83)

³⁸⁵ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 84)

³⁸⁶ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 85)

³⁸⁷ Eberle, H. et al. (2004), Ammattina vaate (s. 40)

³⁸⁸ Polymer Database, <http://polymerdatabase.com/Fibers/Modacrylic.html> (haettu 10.8.2021)

³⁸⁹ Sinclair, R. (toim.) (2014), Textiles and Fashion: Materials, Design and Technology (s. 129)

³⁹⁰ Polymer Database, <http://polymerdatabase.com/Fibers/Modacrylic.html> (haettu 10.8.2021)

³⁹¹ Sinclair, R. (toim.) (2014), Textiles and Fashion: Materials, Design and Technology (s. 129)

³⁹² Britannica, <https://www.britannica.com/technology/modacrylic> (haettu 10.8.2021)

³⁹³ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 99)

³⁹⁴ Sinclair, R. (toim.) (2014), Textiles and Fashion: Materials, Design and Technology (s. 108)

³⁹⁵ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 100)

³⁹⁶ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 100))

³⁹⁷ Sinclair, R. (toim.) (2014), Textiles and Fashion: Materials, Design and Technology (s. 109)

³⁹⁸ Teijin Aramid: Sustainability (luettu 22.10.2021) <https://www.teijinaramid.com/en/sustainability/>

³⁹⁹ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 99)

⁴⁰⁰ Gullingsrud, A. (2001), Fashion Fibers: Designing for Sustainability (s. 148-153)

⁴⁰¹ Sinclair, R. (toim.) (2014), Textiles and Fashion: Materials, Design and Technology (s. 116)

⁴⁰² Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 88)

⁴⁰³ Fiber Year 2025

⁴⁰⁴ Fiber Year 2025

⁴⁰⁵ Sinclair, R. (toim.) (2014), Textiles and Fashion: Materials, Design and Technology (s. 116)

⁴⁰⁶ Sinclair, R. (toim.) (2014), Textiles and Fashion: Materials, Design and Technology (s. 122)

⁴⁰⁷ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 89)

⁴⁰⁸ Gullingsrud, A. (2001), Fashion Fibers: Designing for Sustainability (s. 148-153)

⁴⁰⁹ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 90)

⁴¹⁰ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 90)

⁴¹¹ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 90)

⁴¹² Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja älykkäät tekstiilit (s. 65–72)

⁴¹³ Gullingsrud, A. (2001), Fashion Fibers: Designing for Sustainability (s. 142-147)

⁴¹⁴ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 100)

⁴¹⁵ Gullingsrud, A. (2001), Fashion Fibers: Designing for Sustainability (s. 142-147)

⁴¹⁶ Gullingsrud, A. (2001), Fashion Fibers: Designing for Sustainability (s. 142-147)

⁴¹⁷ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 90)

⁴¹⁸ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 90)

⁴¹⁹ Räisänen, R. et al. (2017), Tekstiilien materiaalit (s. 90)

⁴²⁰ Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja älykkäät tekstiilit (s. 89)

⁴²¹ Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja älykkäät tekstiilit (s. 89)

⁴²² Tampereen Teknillinen Yliopisto et al. (2010), Muovit vaatetustekniikassa -opetusmateriaali

⁴²³ Tampereen Teknillinen Yliopisto et al. (2010), Muovit vaatetustekniikassa -opetusmateriaali

⁴²⁴ Markkula, R. (1999), Tekstiilitieto

⁴²⁵ Markkula, R. (1999), Tekstiilitieto

⁴²⁶ Tampereen Teknillinen Yliopisto et al. (2010), Muovit
vaatetustekniikassa -opetusmateriaali

⁴²⁷ Markkula, R. (1999), Tekstiilitieto (s. 122)

⁴²⁸ Tampereen Teknillinen Yliopisto et al. (2010), Muovit
vaatetustekniikassa -opetusmateriaali

⁴²⁹ Markkula, R. (1999), Tekstiilitieto

⁴³⁰ Markkula, R. (1999), Tekstiilitieto

⁴³¹ Tampereen Teknillinen Yliopisto et al. (2010), Muovit
vaatetustekniikassa -opetusmateriaali

⁴³² Markkula, R. (1999), Tekstiilitieto (s. 122)

⁴³³ Tampereen Teknillinen Yliopisto et al. (2010), Muovit
vaatetustekniikassa -opetusmateriaali

⁴³⁴ Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja
älykkäät tekstiilit (s. 168)

⁴³⁵ Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja
älykkäät tekstiilit (s. 168)

⁴³⁶ Nawab, Y. (toim.) (2016), Textile Engineering: An introduction (s. 21)

⁴³⁷ Nousiainen, P & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja
älykkäät tekstiilit (s. 168)

⁴³⁸ Nawab, Y. (toim.) (2016), Textile Engineering: An introduction (s. 21)

⁴³⁹ <https://www.globaltrademag.com/growing-demand-for-composite-consumer-products-supports-the-glass-fibre-market/> (haettu 26.7.2021)

⁴⁴⁰ Markkula, R. (1999), Tekstiilitieto (s. 129)

⁴⁴¹ Nawab, Y. (toim.) (2016), Textile Engineering: An introduction (s. 22)

⁴⁴² Chawla, K. (2016), Fibrous Materials (2nd Edition) (s. 225-228)

⁴⁴³ Chawla, K. (2016), Fibrous Materials (2nd Edition) (s. 225-228)

⁴⁴⁴ Markkula, R. (1999), Tekstiilitieto, WSOY (s. 130)

⁴⁴⁵ Nawab, Y. (toim.) (2016), Textile Engineering: An introduction (s. 22)

⁴⁴⁶ Nawab, Y. (toim.) (2016), Textile Engineering: An introduction (s. 23)

⁴⁴⁷ Chawla, K. (2016), Fibrous Materials (2nd Edition) (s. 233)

⁴⁴⁸ Fiber Year 2025

⁴⁴⁹ Cook, J. & Booth, S. (2017), Carbon Fiber Manufacturing Facility Siting
and Policy Considerations: International Comparison (s. 5)

⁴⁵⁰ Nawab, Y. (toim.) (2016), Textile Engineering: An introduction (s. 23)

⁴⁵¹ Chawla, K. (2016), Fibrous Materials (2nd Edition) (s. 250)

⁴⁵² Chawla, K. (2016), Fibrous Materials (2nd Edition) (s. 250)

⁴⁵³ Mahltig, B. & Kyosev, Y. (2019), Inorganic and Composite Fibers

⁴⁵⁴ Chawla, K. (2016), Fibrous Materials (2nd Edition) (s. 124)

⁴⁵⁵ Chawla, K. (2016), Fibrous Materials (2nd Edition) (s. 123)

⁴⁵⁶ Markkula, R. (1999), Tekstiilitieto (s. 131)

⁴⁵⁷ Markkula, R. (1999), Tekstiilitieto (s. 131)

⁴⁵⁸ Markkula, R. (1999), Tekstiilitieto (s. 131)

⁴⁵⁹ Chawla, K. (2016), Fibrous Materials (2nd Edition) (s. 150)

⁴⁶⁰ Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja
älykkäät tekstiilit (s. 172)

⁴⁶¹ Markkula, R. (1999), Tekstiilitieto (s. 131)

⁴⁶² Nousiainen, P. & Rissanen, M. (2019), Tekstiilikuidut: tekniset ja
älykkäät tekstiilit (s. 172)

⁴⁶³ Chawla, K. (2016), Fibrous Materials (2nd Edition) (s. 193)

⁴⁶⁴ Chawla, K. (2016), Fibrous Materials (2nd Edition) (s. 193)

⁴⁶⁵ Infinited Fiber Company, <https://infinitedfiber.com/> (haettu 29.10.2021)

⁴⁶⁶ Spinnova, <https://spinnova.com/> (haettu 19.8.2021)

⁴⁶⁷ Spinnova, <https://spinnova.com/> (haettu 19.8.2021)

⁴⁶⁸ Ioncell, <https://ioncell.fi/> (haettu 19.8.2021)

⁴⁶⁹ Ioncell, <https://ioncell.fi/> (haettu 19.8.2021)

⁴⁷⁰ Kuura, <https://www.metsagroup.com/fi/metsaspring/portfolio/tekstiilikuitua-paperisellusta/>

⁴⁷¹ Kuura, <https://www.metsagroup.com/fi/uutiset-ja-julkaisut/tiedotteet/2025/metsa-groupin-kuura-tekstiilikuidun-elinkaaripaastot-ovat-matalat/>



Suomen Tekstiili & Muoti ry on tekstiili-,
vaate- ja muotialan yritysten etujärjestö,
joka tarjoaa asiantuntijapalveluita,
koulutusta ja tapahtumia. Tärkein
tavoitteemme on suomalaisen tekstiili-
ja muotialan kestävä kehittyminen ja
globaali menestyminen.

stjm.fi
fabmedia.fi



suomentekstiilijamuoti



suomentekstiilijamuoti



TekstiiliMuoti



Suomen Tekstiili & Muoti ry

Suomen Tekstiili & Muoti ry
09/2025

SUOMEN TEKSTIILI & MUOTI

www.stjm.fi