

Selvitys kuitumateriaalien tutkimustoiminnan nykytilanteesta

LAB-ammattikorkeakoulu

Kuitumateriaalien mahdollisuudet -hanke

Enni Arvez

Ville Puhakka

2022

Sisällysluettelo

1	Tarve kuitumateriaalien ominaisuuksien määrittämiselle.....	1
2	Kuitumateriaalien tutkimustoiminta Päijät-Hämeessä.....	2
3	Kuitumateriaalien kansallinen tutkimustoiminta	3
4	Kuitumateriaalien analysointilaitteet	5
4.1	Markkinoilla olevat analysointilaitteet	5
4.2	Vaihtoehtoiset menetelmät kuitumateriaalien analysointiin	7
	Lähteet	8

1 Tarve kuitumateriaalien ominaisuuksien määrittämiselle

Kierrätetyn tekstiilikuidun määrä tulee lähiaikoina lisääntymään merkittävästi, koska poistotekstiiliä aletaan keräämään erillisenä jätelajikseen vuoden 2023 alusta (Valtioneuvoston asetus jätteistä 978/2021). Syntyvälle kierrätyskuidulle tulee löytää käyttökohteita, mutta jotta tämä onnistuu, on olennaista selvittää kuitujen ominaisuuksia. Rissasen (2006) mukaan tärkeitä mitattavia ominaisuuksia kuidussa ovat esimerkiksi kuidun pituus ja hienous. Pituuksella on iso merkitys langan tasaisuuteen ja kestävyysominaisuuksiin; mitä pidempi kuitu, sen tasaisempaa ja kestävämpää lankaa siitä saadaan valmistettua. Kuidun pituuden määrittämiseen voidaan käyttää Suomen standardisoimisliiton standardin mukaista yksittäiskuitumenetelmää. (Rissanen 2006.) Yksittäiskuitumenetelmässä kuidun pituus mitataan nimensä mukaisesti yksi kuitu kerrallaan (SFS 5017 1984). Menetelmä on hidas ja työläs, minkä vuoksi automatisoituja laitteistoja kuitumateriaalien analysointiin tarvitaan.

Savikko (2022) on kandidaatintyössään selvittänyt kierrätyskuidun pituuden määrittämistä. Työssä arvioitiin eri analyysilaitteistoja ja -menetelmiä ja niiden soveltuvuutta juuri kierrätyskuitujen määrittämiseen. Työtä on hyödynnetty myös tässä selvityksessä. Suora linkki työhön: <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2022051134366>

Tekstiilikuitujen analysointiin soveltuvista menetelmistä ja laitteistoista on tehty jonkin verran tutkimuksia ja selvityksiä, mutta kierrätyskuidun määrittämiseen liittyvien selvitysten löytäminen osoittautui haastavaksi. Tämä johtunee siitä, että kierrätyskuidun käyttö on vasta lisääntymässä ja tarvetta tällaisille selvityksille ei ole vielä ollut. Sen sijaan VTT on tehnyt esiselvityksen, jossa on listattu kuitumateriaalien testauspalveluja tarjoavia organisaatioita. Selvitykseen pääsee tämän linkin kautta: <https://cris.vtt.fi/en/publications/tekstiilien-suljetun-kierron-testbed>

2 Kuitumateriaalien tutkimustoiminta Päijät-Hämeessä

Tässä kappaleessa käydään läpi Päijät-Hämeen alueella sijaitsevia tutkimuslaitoksia ja selvitetään, onko niissä mahdollista tällä hetkellä analysoida kuitumateriaaleja. Kartoituksen pohjalta saadaan kuva tämänhetkisestä tilanteesta kuitumateriaalien analyysipalvelujen osalta Päijät-Hämeessä.

LAB-ammattikorkeakoulu

LAB-ammattikorkeakoulun Lahden kampuksella sijaitsee kiertotalouslaboratorio, jossa toimii myös tekstiili- ja kuitulaboratorio. Siellä voidaan tutkia muun muassa kankaiden lujuus- ja kestävyysominaisuuksia standardia mukailevin menetelmin. Tämän lisäksi laboratoriossa on tekstiilin tunnistus- ja lajittelulaitteisto REISKAtex, jolla pystytään erottelemaan eri tekstiilimateriaaleja toisistaan infrapunaspektroskopian avulla. Tällä hetkellä laitteella voidaan tunnistaa tekstiilimateriaaleista polyesteri, silkki, villa, viskoosi, puuvilla, polyamidi ja puuvillapolyesterisekotteet. (LAB-ammattikorkeakoulu 2022.) LABin tekstiili- ja kuitulaboratoriossa ei vielä ole laitteistoa, jolla voitaisiin analysoida kuitujen pituutta tai jakaumaa. Tällä hetkellä tutkimus keskittyy kankaisiin ja tekstiilimateriaaleihin.

LUT-yliopisto

Lahteen avautuu LUT-yliopiston ja Andritz Oy:n tutkimuskeskus syksyllä 2022. Toiminta tulee keskittymään erilaisten kuitumateriaalien analysointiin ja testaukseen. (Lahti 2021.) Salmimiehen (2022) mukaan metsäbiomassojen käsittely on olennainen osa laboratorion toimintaa ja tutkimusta ei tällä hetkellä kohdisteta tekstiilikuituihin.

Helsingin yliopisto

Helsingin yliopistolla on Lahdessa Niemen kampuksella levä- ja ympäristölaboratorio, joissa tehdään tutkimusta muun muassa ekotoksikologian ja orgaanisten aineiden parissa. Kuitumateriaalien analysointi ei kuulu laboratorioden tutkimuspalveluihin. (Lahden yliopistokampus 2022; University of Helsinki 2022.)

Eurofins Environment Testing Finland Oy

Eurofins Environment Testing Finland Oy tuottaa ympäristöön liittyviä asiantuntija-, näytteenotto- ja laboratoriopalveluja. Lahdessa sijaitsee yrityksen yksi akkreditoiduista ympäristölaboratorioista. (Eurofins 2022.) Yrityksen laboratorioissa ei verkkosivuston mukaan tehdä kuitumateriaalien analysointia.

3 Kuitumateriaalien kansallinen tutkimustoiminta

Tässä osiossa käydään läpi kuitumateriaalien ja erityisesti tekstiilikuitujen analysointipalvelujen saatavuutta ja laitekantaa kansallisella tasolla. Tämä tarkoittaa koulutusorganisaatioiden sekä yksityisten yritysten ja tutkimuslaitosten palvelutarjonnan kartoittamista kuitumateriaalitutkimuksen näkökulmasta. Selvityksessä on keskitytty ainoastaan kuituanalyysilaitteiden saatavuuteen, ei kuitujen pituuden analysointiin yksittäiskuitumenetelmällä.

Aalto-yliopisto

Aalto-yliopistolla analysoidaan pääsääntöisesti kemiallisesti kierrätettyjä tekstiilikuituja. Tutkittavia ominaisuuksia ovat muun muassa murtovenymä ja -kuorma sekä kuituhienous. Kuituja analysoidaan lähinnä omiin tarkoituksiin eikä palveluja tarjota juurikaan ulkopuolisille. Käytössä oleva analysointilaitte on Textechnon Favigraph -laite. Aallon laitoksella tehdään erilaisia testauksia selluloosapohjaisille kuiduille, joiden kuitupituuden tulee olla alle 10 millimetriä. Jos kuitupituus ylittää yli 10 millimetriä, luokittelee laite kaikki kuidut vain tähän samaan luokkaan. (Rissanen 2022.)

Teknologian tutkimuskeskus VTT

VTT:ltä löytyy monenlaisia menetelmiä kuitumateriaalien testaukseen, esimerkiksi vetolaitteita ja kuiturakenteen tutkimiseen soveltuvia menetelmiä. Nämä ovat osa VTT:n kokonaistarjoomaa, mutta VTT:n tutkimuspalvelut keskittyvät isoihin kehitys- ja innovaatioprojekteihin, -kumppanuuksiin ja toimeksiantoihin, ei yksittäisiin testauspalveluihin. (Heikkilä 2022.) Tämän lisäksi kuidun poikkileikkauksen materiaali jakauma pystytään määrittämään VTT:llä Jyväskylän laboratoriossa (Heikkilä ym. 2022, 26–29).

Tampereen yliopisto ja Tampereen ammattikorkeakoulu

Tampereen yliopisto ja Tampereen ammattikorkeakoulu ovat samaa korkeakouluyhteisöä, ja Tampereen yliopiston tekstiili- ja kuitulaitteistot ovat nykyään Tampereen ammattikorkeakoulun toimitiloissa (Valtonen 2022). Tekstiilien ja kuitujen tutkimustoiminta on näin ollen keskitetty ammattikorkeakoulun tekstiililaboratorioon.

Tampereen ammattikorkeakoulu tarjoaa erilaisia tekstiileihin liittyviä testaus- ja tuotekehityspalveluja. Laboratoriosta löytyy pilottimittakaavan langankehrulaite sekä pyöröneulokone neulontaa varten. Kankaista voidaan testata esimerkiksi hankauksen- ja värinkestoa sekä tehdä standardinmukaisia pesuja. Tämän lisäksi eri tekstiilimateriaaleja, kuten polymeerejä ja luonnonkuituja, voidaan tunnistaa. (Tampereen ammattikorkeakoulu 2022.) Tekniseen raporttiin pohjautuen (CEN ISO/TR 11827:2016) tehty kuitumateriaalien tunnistus

on ainut kuitutestaus, mitä tällä hetkellä tehdään tekstiililaboratoriossa eikä sekään sovellu kovin hyvin eri kuitulajien prosenttiosuuksien mittaamiseen (Ylinen 2022).

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu XAMK

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoululla on Savonlinnassa kuitulaboratorio, joka jakautuu vesi-, liete ja kuitulaboratorioihin. Tutkimus keskittyy metsä- ja teknologiateollisuuden tarpeisiin ja laitteistoa löytyy pilottimittakaavasta aina tuotantomittakaavaan saakka. (XAMK 2022.) XAMKilta (2022, 6) löytyy partikkelikokoanalysaattori (Microtrac Sync), joka määrittää partikkelikoon punaisen laserin avulla. Laite käyttää märkämenetelmää, eli näyte analysoidaan lisäämällä se nesteeseen (vesi, alkoholi).

Turun ammattikorkeakoulu

Ammattikorkeakoulun tutkimus- ja kehityslaboratorio Labriikki on keskittynyt materiaalien prosessointi- ja testauspalveluihin (Turun ammattikorkeakoulu 2022). Heikkilän ym. (2022, 28) selvityksen mukaan Turun ammattikorkeakoulusta löytyy kuitenkin myös tekstiilien tunnistamiseen soveltuvaa FTIR-teknologiaa.

Measurlabs

Measurelabsin kautta on mahdollista teettää kuitumateriaalien analyysseja, mutta tarkempaa tietoa palveluja tarjoavasta laboratoriosta ei ole. Todennäköisesti palvelujen tuottaja olisi jokin ulkomaalainen laboratorio, koska siellä markkinat ovat suuremmat. (Laukkanen 2022.)

Art of Fibre

Art of Fibre tarjoaa kuitunäytteiden analysointi- ja testauspalveluja (Art of Fibre 2020). LAB on ollut yhteydessä kyseiseen yritykseen aikaisemmin tiedustellakseen heidän tekstiilikuituja analysoivasta laitteesta. Silloin yrityksellä oli vielä toimintaa myös Suomessa, mutta nykyisin lähin kuitulaboratorio on Irlannissa (Vallely 2022).

4 Kuitumateriaalien analysointilaitteet

Mekaanisesti avatun kuidun luokittelu voi perustua esim. mekaanisen avaamisen laatuun, kuidun pituuteen, mekaanisiin ominaisuuksiin, väriin, puhtauteen tai kemikaalisisältöön. Pituutta pidetään tärkeimpänä ominaisuutena jatkojalostuksen kannalta. Keskipituus on käytettyin, mutta myös pituusjakaumia käytetään.

4.1 Markkinoilla olevat analysointilaitteet

Valtaosa laitteista on kehitetty neitseellisille kuiduille. Telaketju-hankkeen selvityksen mukaan näillä voidaan kuitenkin mitata myös kierrätyskuituja, kun lanka- ja kangasjäämät ensin poistetaan. Laitteilla voidaan mitata joko yksittäisiä kuituja tai kuitukimppuja. Yksittäisten mittaaminen on paljon hitaampaa. Todellinen pituus selviää vain suoristamalla kuitu täysin, mutta tämä onnistuu yleensä vain manuaalisilla menetelmillä. (Heikkilä et al. 2021.) Kierrätyskuiduille soveltuvia laitteita ei ainakaan toistaiseksi ole juurikaan markkinoilla.

Erilaisilla tekstiilinavaustekniikoilla saadaan tuotteeksi ominaisuuksiltaan hyvinkin erilaisia kuituja. Varsinkin kuitujen pituusjakauma sekä mahdolliset epäpuhtaudet vaikuttavat merkittävästi kierrätyskuitujen uusiokäyttöön. Usein kierrätyskuituja sekoitetaan neitseellisiin tuotteen laadun parantamiseksi, jolloin kierrätyskuidun ominaisuudet määräävät vaadittavan sekoitussuhteen. (Engblom-Ilmakunnas, 2022.)

Textechno tarjoaa tekokuiduille, sekoitekuiduille ja kierrätyskuiduille sopivia laitteita kuten Fibre classification system FCS ja MTDA 4. Laite on kehitetty kierrätyskuiduille ja näytteet syötetään laitteeseen kuitukimppuna kampamaiseen näytepidikkeeseen, josta kuitujen pituus mitataan optisesti laseria hyödyntäen. FCS koostuu kolmesta sensorista: Fibrotest mittaa kuitujen pituutta sekä kuitukimppun lujuutta, Optotest analysoi epäpuhtauksia sekä värin laatua ja Fibroflow mittaa kuitujen hienoutta ilman läpäisevyyden avulla, mikä vaikuttaa kuitujen työstettävyyteen. MDTA 4 poistaa epäpuhtauksia kuten pölyä ja kuidunpätkiä yms. sekä luokittelee ja analysoi poistetut epäpuhtaudet gravimetrisen analyysin ja digitaalisen kuvantamisen avulla. Lisäksi laitteella voi arvioida kuitujen kemiallista käsittelyä ja väriaineita. MDTA 4 mittaa myös kuitujen pituutta, pituusjakaumaa sekä lyhyiden kuitujen osuutta näytteessä, ja sillä voidaan luoda testi-slivereitä erilaisilla sekoitussuhteilla. (Engblom-Ilmakunnas, 2022; Textechno 2022.)

Uster technologies valmistaa kuitujen mittalaitteita mutta ne eivät ainakaan vielä sovellu kovinkaan hyvin kierrätettyjen kuitujen mittaukseen. Heidän laitteensa ovat suunniteltu isoille testimäärille kehruutuotannon optimointiin. Usterin AFIS (Advanced fibre information system) mittaa 3 000–5 000 kuitua kerralla analysoiden optisella sensorilla yksittäisten

kuitujen pituutta, hienoutta, sekä roskia ja nyppyjä. Se mittaa kuitujen pituudet näytteissä yksittäisen kuidun tarkkuudella ja antaa siten kattavimman kuvan näytteen kuitukaumasta. Näytteet syötetään väljänä kuitukimppuna (sliver), josta piikikäs metallirulla erottaa yksittäiset kuidut, jonka jälkeen ne kuljetetaan ilmapvirran avulla optiselle sensorille mitattavaksi. Laite on suunniteltu puuvillalle, eikä sitä suositella kierrätetyille materiaaleille. Menetelmän pitäisi kuitenkin soveltua myös kierrätyskuiduille. Haasteena automaattisessa erottelussa on laitteiston jaottelun aiheuttama mahdollinen kuitujen katkeaminen ja vahingoittuminen sekä optisen erottelun tarkkuus lähekkäisten kuitujen kohdalla. (Uster 2022; Savikko, 2022; Kelly & Hequet, 2018.)

Premier evolvisilla on puuvillakuiduille suunnitellut mittalaitteet HVI ja aQura 2. HVI mittaa kuitujen pituutta, pituusjakaumaa, kuitukimppun lujuutta ja venymää sekä ilman läpäisevyyttä ja väriä. AQura 2 mittaa nyppyjen (neps) määrää ja laatua sekä lyhyiden kuitujen osuutta näytteessä. HVI-menetelmässä kuidut kammataan samansuuntaisiksi ja mitataan optisesti valonläpäisyyden perustuvalla menetelmällä. Kuituparran lävitse ja välistä pääsee vähiten valoa parran tyvestä. Menetelmä on nopea, mutta toimii heikoimmin lyhyille kuiduille, jotka eivät välttämättä ylety näytepidikkeen reunaa pidemmälle. Tästä syystä menetelmä ei sovellu yhtä hyvin kierrätyskuiduille. (Premier Evolvics 2022; Savikko 2022; Kelly & Hequet, 2018.)

Valmet Fiber Image Analyzer eli Valmet FS5 on suunniteltu puupohjaiselle kuidulle. Periaatteessa laitetta voisi hyödyntää myös tekstiilikuitujen analysointiin, mutta haasteeksi muodostuu se, että laite on suunniteltu ainoastaan lyhyille kuiduille. Valmet FS5 mitattavien partikkeleiden maksimipituus on 10 millimetriä. (Valmet 2022.)

Wira Instrumentationin Fibre diagram machine on valmistajan mukaan edullinen laite kuitujen pituuden ja pituusjakauman määrittämiseen. Menetelmä on suunniteltu Worsted-prosessiin pituusjakauman määrittämiseen, joten sitä varten kuitunäyte tulisi sovittaa nipuksi (sliver) ja teipata kuituparraksi. Menetelmä soveltuu sekä synteettisille että luonnonkuiduille. Kuituparta vedetään mittauselektrodin läpi siten, että teippi jää elektrodin ulkopuolelle, joten alle 10 mm kuitujen mittaus ei ole mahdollista. (Jackson 2022; Wira 2022.)

Useamman laitetoimittajan myymä OFDA 4000 mittaa kuitujen pituutta ja halkaisijaa. Kuten valtaosa markkinoilla olevista analyysilaitteista, tämäkin laite on suunniteltu pitkille ja stabiileille, eli käytännössä neitseellisille kuiduille. Laite soveltuu villa-, eläin-, ja monille synteettisille kuiduille. Näytteet analysoidaan slivereinä ja mitattavien kuitujen pituusväli on 5-280 millimetriä. Laite jakaa mittausalueen viiden millimetrin pätkiin ja laskee kuitujen lukumäärän kullakin pituusalueella. (Hornik 2022; Hornik Fibertech 2022; OFDA, 2022.)

Savikon (2022) listaamista laitevalmistajista osa oli mahdollisesti jo lopettanut toimintansa. Valtaosa näistä yrityksistä oli aiemmin valmistanut analyysilaitteita neitseellisille villa- tai puuvillakuiduille, mutta eivät enää pidä yllä verkkosivuja. Tällaisia toimijoita ovat International Textile Research Unit, Schaffner Technologies, MAG Solvics sekä Loepfe Brothers.

4.2 Vaihtoehtoiset menetelmät kuitumateriaalien analysointiin

Edellisessä kappaleessa mainittujen laitteiden lisäksi on olemassa vaihtoehtoisia menetelmiä kuitumateriaalien analysointiin. Kun kuituja mitataan standardin SFS 5017 (1984) mukaisesti yksittäiskuitumenetelmällä, tarvitaan välineiksi projektiomikroskooppi, mittaviivain sekä sellainen alusta, josta kuidut on helppo erottaa. Yksittäiskuitumenetelmän lisäksi on olemassa muita menetelmiä, joita muun muassa Savikko (2022) on koostanut yhteen kandidaatintyössään. Yksi näistä on Comb Sorter -menetelmä. Siinä kuidut jaotellaan pituuden mukaan omiin luokkiinsa, minkä jälkeen ne punnitaan. Pituusjakauma muodostetaan tämän jälkeen punnittuun painoon pohjautuen. (Gordon & Abidi 2017, Savikon 2022 mukaan.) Tätä menetelmää käytettiin muun muassa Telaketju-projektissa kierrätyskuidun pituuden määrittämiseen (Heikkilä ym. 2021, 56).

Lähteet

Art of Fibre. 2020. Art of Fibre. Viitattu 18.8.2022. Saatavissa <https://artoffibre.com/>

Engblom, O. 2022. Toimitusjohtaja. Ilmakunnas-Engblom Oy. Sähköpostitiedustelu 18.8.2022.

Heikkilä, P. 2022. Erikoistutkija. VTT. Sähköpostitiedustelu 4.7.2022

Heikkilä, P., Heikkilä, J., Kallio, K., Kurki, S. & Harlin, A. 2022. Tekstiilien suljetun kierron testbed. Teknologian tutkimuskeskus VTT. Tutkimusraportti, no. VTT-R-01091–21. Viitattu 9.8.2022. Saatavissa <https://cris.vtt.fi/en/publications/tekstiilien-suljetun-kierron-testbed>

Heikkilä, P., Cheung, M., Cura, K., Engblom, I., Heikkilä, J., Järnefelt, V., Kamppuri, T., Kulju, M., Mäkiö, I., Nurmi, P., Palmgren, R., Petänen, P., Rintala, N., Ruokamo, A., Saari-mäki, E., Vehmas, K., Virta, M. 2021. Telaketju – Business from Circularity of Textiles. VTT Technical Research Centre of Finland. Tutkimusraportti VTT-R-00269-21. Viitattu 31.8.2022. Saatavissa [https://cris.vtt.fi/ws/portalfiles/portal/52366217/Telaketju2_FinalRe-port_Public.pdf](https://cris.vtt.fi/ws/portalfiles/portal/52366217/Telaketju2_FinalReport_Public.pdf)

Hornik, H. 2022. Hornik Fibertech. Sähköpostitiedustelu 31.8.2022

Hornik Fibertech. 2022. Verkkosivut. Viitattu 31.8.2022. Saatavissa https://www.hornik.cc/ofda_4000.php

Kelly, B. & Hequet, E. 2018. Variation in the advanced fiber information system cotton fiber length-by-number distribution captured by high volume instrument fiber length parameters. Teoksessa: Textile Research Journal. Vol.88(7), 754-765. Lontoo, Englanti: SAGE Publications. ISSN: 0040-5175. DOI: 10.1177/0040517516688628.

Jackson, R. 2022. Managing director. Wira Instrumentation limited. Sähköpostitiedustelu 6.9.2022.

LAB-ammattikorkeakoulu. 2022. Tekstiili- ja kuitulaboratorio. Viitattu 21.6.2022. Saatavissa <https://lab.fi/fi/palvelu/tekstiili-ja-kuitulaboratorio>

Lahden Yliopistokampus. 2022. Helsingin yliopiston tutkimus Lahdessa. Viitattu 27.6.2022. Saatavissa <https://www.lahdenyliopistokampus.fi/tutkimus/helsingin-yliopiston-tutkimus-lahdessa/>

Lahti. 2021. LUT-yliopiston ja Andritz Oy solmivat merkittävän yhteistyösopimuksen Lahteen. Viitattu 21.6.2022. Saatavissa <https://www.lahti.fi/uutiset/lut-yliopisto-ja-andritz-oy-solmivat-merkittavan-yhteistyosopimuksen-lahteen/>

- Laukkanen, S. 2022. Projektipäällikkö. Measurlabs. Sähköpostitiedustelu 1.8.2022.
- Premier Evolvics. 2022. Verkkosivut. Viitattu 31.8.2022. Saatavissa <https://www.premiere-volvics.com/>
- OFDA. 2022. Verkkosivut. Viitattu 31.8.2022. Saatavissa <https://www.ofda.com/ofda4000>
- Rissanen, M. 2022. Tutkija. Aalto-yliopisto. Sähköpostitiedustelu 4.7.2022.
- Salmimies, R. 2022. Dekaan. LUT-yliopisto. Sähköpostitiedustelu 23.6.2022.
- Savikko, P. 2022. Poistotekstiilin mekaanisessa avausprosessissa jalostettavan kierrätyskuidun pituuden määrittäminen. Case: Lounais-Suomen Jätehuolto Oy. Lappeenranta–Lahden teknillinen yliopisto LUT. Ympäristötekniikan kandidaatintyö. Viitattu 15.6.2022. Saatavissa <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2022051134366>
- SFS 5017 1984. Tekstiilit. Katkokuitujen pituus. Yksittäiskuitumenetelmä. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Viitattu 22.8.2022. Saatavissa <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/SFS/ID2/5/2052.html.stx>
- Tampereen ammattikorkeakoulu. 2022. Tekstiililaboratorion palvelut. Viitattu 28.6.2022. Saatavissa <https://www.tuni.fi/fi/tutkimus/tekstiililaboratorion-palvelut>
- Textechno. 2022. Verkkosivut. Viitattu 31.8.2022. Saatavissa <https://www.textechno.com/>
- Turun ammattikorkeakoulu. 2022. Tutkimus- ja kehityslaboratorio Labriikki. Viitattu 24.8.2022. Saatavissa <https://www.turkuamk.fi/fi/tyoelamapalvelut/palvelut/tutkimus-ja-kehityslaboratorio-labriikki/>
- University of Helsinki. 2022. Environmental Laboratory in Lahti Campus. Viitattu 27.6.2022. Saatavissa <https://www2.helsinki.fi/en/infrastructures/environmental-laboratory>
- Uster. 2022. Verkkosivut. Viitattu 31.8.2022. Saatavissa <https://www.uster.com/>
- Ylinen, T. 2022. Projekti-insinööri. Tampereen ammattikorkeakoulu. Sähköpostitiedustelu 4.7.2022.
- Vallely, P. 2022. Johtaja. Art of fibre. Sähköpostitiedustelu 9.8.2022.
- Valmet. 2022. Verkkosivut. Viitattu 31.8.2022. Saatavissa <https://www.valmet.com/automation/analyzers-measurements/analyzers/fiber-image-analyzer-for-external-fibrillation-fiber-length-measurement/>
- Valtioneuvoston asetus jätteistä 978/2021. Finlex. Viitattu 20.6.2022. Saatavissa <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2021/20210978#Lidm45237816165424>

Valtonen, K. 2022. Tutkimusympäristöasiantuntija. Tampereen yliopisto. Sähköpostitiedustelu 25.7.2022.

Wira. 2022. Verkkosivut. Viitattu 31.8.2022. Saatavissa <https://www.wira.com/>

XAMK. 2022. Koe- ja analyysilaitteistot. Viitattu 5.7.2022. Saatavissa https://www.xamk.fi/wp-content/uploads/2022/05/biosampo_laitekantaesite_20052022.pdf

XAMK. 2022. Kuitulaboratorio. Viitattu 4.7.2022. Saatavissa <https://www.xamk.fi/tutkimus-ja-kehitystoiminta/kuitulaboratorio/>