

White Paper

ALKEM OY

Tiedon merkitys kiertotalouteen siirryttäessä

Julkaistu 9.10 2018

Toimittaneet

Karri Lehtonen & Gerald Esono

Mitä mahdollisuuksia kiertotalouteen sisältyy?

Toimittajien alkusanat

Etsiessämme tapoja kestävämmän tulevaisuuden saavuttamiseksi meille on muodostunut erilaisia liiketoimintamalleja, jotka ovat tuoneet yhteiskuntaa ja yritystoimintaa yhä lähemmäksi tavoitetta. Viime vuosien aikana erityisesti kiertotalous ja kestävä kehitys ovat nousseet esille ratkaisuna kestävyyshaasteeseen. Nämä termit ovat alkaneet saada merkityksiä yhä enenevässä määrin niin politiikassa, teollisuudessa kuin tieteessäkin. Vasta julkaistu kansainvälisen ilmastopaneelin raportti ilmastonmuutoksesta (IPCC 2018) edellyttää nopeita ja jopa radikaaleja toimenpiteitä ilmastonmuutoksen pysäyttämiseksi ja kestäväen tulevaisuuden edistämiseksi. Kiertotalous on yksi työkaluista tämän ongelman ratkaisemiseen. Olemme vasta nähneet ensimmäiset askelet kohti toimivaa, systeemijatteluun pohjautuvaa kiertotaloutta ja sen suomille uusille tavoille suunnitella ja käyttää tuotteita ja palveluita kestäväällä tavalla. Paljon on kuitenkin vielä tehtävää, ja tekojen pitää alkaa jo tänään.

Ihmiskunnan ekologisia rajoja tutkivan Global Footprint Networkin mukaan ”ihmiskunnan tarve uusiutuville resursseille on 68 % luonnon uusiutumiskyvyn yläpuolella”. Taloudelliset haasteet ja ympäristövaikutukset, erityisesti maanviljelyn ja teollisuuden osalta, ovat monimuotoisia, minkä lisäksi tarve ymmärtää koko tuotannon arvoketjun sivu- ja jätevirtoihin liittyviä sosioekonomisia- ja ympäristövaikutuksia on kasvanut merkittävästi. Olemme toiveikkaita, että yhteisöt, ja erityisesti yritykset, voivat yhä paremmin löytää luovia tapoja kehittää omaa ja arvoketjunsä toimintaa kilpailukykyisemmäksi mukauttamalla strategioitaan kiertotalouden tavoitteita vastaaviksi, esimerkiksi tuotteiden elinkaaritarkastelulla jo suunnitteluvaiheessa, resurssien jakamisella, lainaamisella ja resurssien kierron tehostamisella.

WBCSD:n tuoreen raportin mukaan kahdeksan materiaalin osuus on 20 % globaaleista hiilidioksidipäästöistä, 95 % vedenkäytöstä ja 88 % maankäytöstä. Nämä materiaalivirrat yhdistyvät merkittävässä määrin maanviljelykseen ja eläinten kasvatukseen sekä rakennusteollisuuteen ja tuotteiden valmistukseen. Toisaalta näitä materiaaleja käytetään ihmiskunnan perustarpeiden tyydyttämiseksi esimerkiksi ruuantuotannossa, rakennuksissa, kulutustuotteissa, kuljetusvälineiden valmistuksessa ja julkisen infrastruktuurin rakentamisessa, ja näihin sisältyy merkittäviä mahdollisuuksia kiertotalouden periaatteiden soveltamiseksi koko alihankintaketjussa. Vailla vastausta on vielä kysymys: ”Miten voimme edistää kiertotaloutta?”

Ennen kuin jatkamme pidemmälle, on syytä tiivistää, mitä kiertotalous tarkoittaa. Ellen MacArthur -säätio määrittelee kiertotalouden ”teolliseksi systeemiksi, joka on suunniteltu tarkoituksellisesti materiaalivirtoja säilyttäväksi tai uudistavaksi”, minkä lisäksi ”... se katsoo elinkaaren päättymisen yli ja pyrkii

- kohti uusiutuvien energialähteiden käyttöä
- tuotteen uudelleenkäyttöä estävien kemikaalien käytön lopettamiseen
- jätevirtojen muodostuksen lopettamiseen kiertotalouden päämäärää toteuttavien materiaalien, tuotteiden ja teollisten järjestelmien kautta.”

Alkem OY, kaikki oikeudet pidätetään.

Kiertotalouden periaatteet ovat hioutuneet viimein siihen muotoon, että yritykset voivat alkaa rakentaa niiden pohjalta tiekarttaa, jonka lopputuloksena yritykset voivat saavuttaa lisäarvoa tuottavia materiaalikiertoja uudistavia ja kierrättäviä liiketoimintamahdollisuuksia.

Miten me siis voimme auttaa yrityksiä löytämään nämä kiertotalouteen pohjautuvat liiketoimintamahdollisuudet ja arvoketjuihin kätkeytyvät kilpailuedut?

Olemme Alkem Oy:ssä ymmärtäneet, että vaikka kiertotalouden hyödyt tunnustetaan yleisesti, monet yritykset pienistä ja keskisuurista yrityksistä aina suuryrityksiin saakka eivät ole vielä löytäneet tapoja viedä kiertotaloutta käytäntöön. Tämä saattaa johtua osin siitä, että ei ole selvyyttä siitä, miten arvoketjussa kyetään tunnistamaan menetetty arvonalisä (P. Lacy ja J. Rutqvist, 2016). Seuraavissa kappaleissa kerromme siitä, miten voimme auttaa sivu- ja jätevirtoihin liittyvien liiketoimintamahdollisuuksien tunnistamisessa laajan tietokantamme avulla.

Helsingissä, 7. 10.2018

Karri Lehtonen

DI, KTM

Alkem Oy

[LinkedIn](#)

Gerald Esono

M.Sc. (Econ.), M.Sc. (Env. & Dev.)

[LinkedIn](#)

Kiertotalouden ja kestävän kehityksen välinen yhteys

Kestävän kehityksen tarve tunnistettiin ensimmäisen kerran laajalti Rooman Klubin raportin ”Kasvun rajat” (Meadows, D.H. ym. 1972) yhteydessä, jossa osoitettiin, kuinka talouden- ja väestön määränkasvu vaikuttavat haitallisesti luonnon resurssien saatavuuteen ja ruuantuotantoon maailmanlaajuisesti. Tuohon aikaan huomattiin, että siihen asti eksponentiaalisesti kasvanut hyvinvointi oli maksatettu pitkälti luonnon kustannuksella. Kasvanut tietoisuus tästä kohtalonyhteydestä kasvun ja resurssien käytön välillä johti YK:n alaisen Brundtlandin komission perustamiseen ja ”Yhteinen tulevaisuutemme” -raportin (1987) julkaisemiseen. Siinä tuotiin esille, että ”niin resurssien hyödyntämisen, investointien ohjautumisen, teknologisen ja instituutionaalisen kehityksen, tulisi huomioida sekä tulevat, että nykyiset yhteiskunnalliset tarpeet”.

Brundtlandin raportti on toiminut YK:n kestävän kehityksen ohjelmien inspiraationa, jonka tuotoksina on syntynyt useita ylikansallisia kestävän kehityksen sitoumuksia, kuten Kioton sopimus, YK:n kestävän kehityksen tavoitteet ja Pariisin vuoden 2016 ilmasopimus. Paljon on tehty kestävän kehityksen edistämiseksi, mutta näiden kunnianhimoisten kansainvälisten sitoumusten toteuttamiseksi tarvitaan käytännön työkaluja, jotka auttavat tavoitteiden saavuttamisessa.

Kiertotalous tarjoaa suunnittelufilosofian, jonka avulla nykyisiä ympäristöhaasteita voidaan ryhtyä ratkaisemaan. Kiertotalouden tekee erityisen mielenkiintoiseksi lähestymistavaksi se, että siinä katsotaan pitkälle tehtaan porttien ulkopuolelle, jolloin mahdollistuu teollisen järjestelmän tarkastelu laajemmassa kontekstissa. Voimme tällöin suunnitella toimenpiteitä teollisessa mittakaavassa ja keskittää voimiamme taloudellisilta ja ympäristövaikutuksiltaan suurimpia haittoja aiheuttaviin kohteisiin palveluissa, suunnittelussa, tuotannossa ja tuotteiden kulutuksessa.

Jätevirtojen hyödyntäminen uusien tuotteiden valmistamiseksi ei ole uusi ajatus (ks. P.L. Simmonds, 1862), ja moni kierrätysalan yritys toimii tällä liiketoiminta-alueella. Viime aikoina metodologinen kehitys ja analyysityökalut ovat kuitenkin kehittyneet sille tasolle, että on mahdollista viedä materiaalikierrat seuraavalle tasolle. Tämä tarkoittaa sitä, että tuotteiden elinkaari ja tuotteisiin kytköksissä olevat sivuvirrat voidaan ja tulee ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheessa. Näin toimittaessa voidaan optimoida resurssi- ja energiavirtoja suurimman lisäarvon saavuttamiseksi koko arvoketjussa samalla, kun voidaan sulkea materiaalikiertoja taloudessa. Kiertotalouteen ja materiaalikiertoihin liittyvät lisäarvoiset liiketoimintamahdollisuudet voivat tarkoittaa jäte- ja sivuvirtojen hyödyntämistä, tuotteen käyttöiän (suunnittelu ja huolto, vuokraus) tai käyttöasteen (jakaminen) parantamista, uudelleenhyödyntämistä ja -käyttöä ynnä muuta.

Alkem Oy:ssä olemme keskittyneet materiaalivirtoihin sekä jäte- ja sivuvirtojen hyödyntämiseen liittyviin, materiaalitehokkuutta parantaviin kiertotalousmahdollisuuksiin. Olemme keränneet tietoa erinäisistä lähteistä ja olemme rakentaneet kerätystä tiedosta tietokannan, joka sisältää materiaali-, jäte- ja sivuvirtoihin liittyvää tietoa, mukaan lukien karkeat arviot materiaalivirtojen määrästä ja maantieteellisestä sijainnista. Tietokannan tietojen perusteella voidaan tarkemmin lähteä selvittämään materiaalien laatuun ja hintaan vaikuttavia muuttujia, sekä logistisia kustannuksia. Tähän mennessä olemme keränneet tietokantaamme tietoja noin 5 000 toimipaikan materiaalivirroista Suomessa, mukaan lukien teollisia yrityksiä, kunnallisia

toimijoita, sekä maatiloja, sisältäen yhteensä noin 40 000 – 50 000 materiaalivirtaa viimeisimmän arviomme mukaan.

Mikä on tiedon merkitys kiertotaloudelle?

Kiertotalouden käytännön sovelluksiin on ollut pitkä tie. Kiertotalouden tutkimus on kuitenkin osoittanut selkeästi tarpeen kehittää nykyisiä jätteen hallinnan toimintatapoja entisestään, mikä tarjoaa yrityksille työkaluja soveltaa kiertotaloutta käytännössä.

Suurimpia ongelmia resurssikierron sulkemiselle on ollut tähän mennessä se, että resurssien käyttöön ja jätevirtoihin liittyvää tiedonhallintaa ei ole kehitetty yhteistyön näkökulmasta. Rajallinen halukkuus ja mahdollisuudet, yhdistettyinä riittämättömiin kannusteisiin tiedon jakamiselle, saattavat olla suurin yksittäinen selitys hukatuille kiertotalouden mahdollisuuksille ja resurssitehokkuuden parantamiselle.

Yritysten materiaalitietoon liittyvä strateginen herkkyys johdattaa meidät johtopäätökseen, että kiertotalouden toteuttaminen käytännössä edellyttää oleellisten materiaalitiedon jakamiseen liittyvien ongelmien ylittämistä, jotta voidaan kehittää toimivia, yhteistyöhön perustuvia liiketoimintamalleja ja käytäntöjä (ks. S. Gupta ym., 2018). Kaiken keskiössä on siis tieto ja sen hyödyntäminen kiertotalouden periaatteiden edistämiseksi. Koska yritykset, joilla on materiaalitietoa ovat usein kilpailijoita keskenään, tulee huomioida eräitä rajoitteita, joita tietoon ja sen jakamiseen liittyy. Oleellisin reunaehto on, että materiaalidatan tulisi olla joko osittain epätäydellistä tai vaihtoehtoisesti täydellistä mutta anonyymiä.

On selvää, että nämä rajoitteet voivat helposti johtaa tilanteeseen, jossa tieto ei vaihdu taloudellisten toimijoiden kesken, vaikka potentiaaliset hyödyt tiedon jakamisesta saattaisivat olla kaikille osallistuville osapuolille merkittäviä. Tiedon jakamisella ja yhteistoiminnalla saatavat hyödyt jäävät kuitenkin helposti yritysten tarkastelun ulkopuolelle johtuen erinäisistä peliteoreettisista syistä. Alkem Oy:ssä olemme ottaneet tavoitteeksemme nopeuttaa tiedon jakamiseen liittyvää kehitystä tietokantamme avulla sekä auttaa yrityksiä löytämään arvokkaita liiketoimintamahdollisuuksia kiertotaloudesta ja sitä kautta muuttaa yritysten käsitystä materiaalitiedon jakamisen tarpeellisuudesta.

Miten saatavilla olevaa materiaalitietoa tulisi käsitellä?

Materiaalitiedon hyödyntämiseksi on olemassa kaksi mahdollista tapaa, jotka esittelemme tässä yhteydessä nopeasti.

On mahdollista kerätä materiaalitietokanta, joka sisältää epätäydellistä, mutta myöhemmin tarkennettavissa olevaa tietoa, jonka analysointi voidaan aloittaa niistä materiaalivirroista, joissa on vähiten epätarkkuutta ja joihin liittyy suurimmat taloudelliset mahdollisuudet joko materiaalin arvosta tai määrästä riippuen. Vaihtoehtoisesti voidaan rakentaa tietokanta keräämällä tarkempaa tietoa suoraan yrityksiltä, kytkeä materiaalitieto irti tuottajasta ja luoda näin anonymiteettiin perustuva järjestelmä tietojen vaihtoa varten. Tällaisen tietokannan kautta voisi olla mahdollista jakaa materiaalitietoa suoraan tuottajalta loppukäyttäjälle ja luoda anonyymi markkinapaikka.

Olemme päättäneet aloittaa tietokannan rakentamisen epätäydellisemmästä tiedosta, sillä tämä on mahdollistanut hyvin laajan tietokannan rakentamisen suhteellisen lyhyessä ajassa. Näin on saatu aikaan tietokanta, joka mahdollistaa suurien jäte- ja sivuvirtamäärien analysoinnin nopeasti ja helposti. Olemme aloittaneet analyysimme keskittyen tunnistettuihin oleellisiin sivuvirtoihin ja näihin sivuvirtoihin kytköksissä oleviin toimijoihin. Tällä tavoin olemme pystyneet muodostamaan käsityksen kokonaismääristä ja voimme tunnistaa paremmin materiaalivirtoihin kätkeytyviä lisäarvon mahdollisuuksia. Erityisesti pystymme olemassa olevan tiedon perusteella tunnistamaan jäte- ja sivuvirtoihin kätkeytyviä liiketoimintamahdollisuuksia.

Toinen tapa materiaalitiedon hyödyntämiseen oli anonymisoitu markkinapaikka, jossa materiaalivirrat olisi mahdollista esittää ilman kytköstä materiaalien lähteisiin. Markkinapaikka olisi mahdollista perustaa joko suljettuna järjestelmänä, jossa materiaalin tuottaja voisi ilmoittaa tietonsa järjestelmään välikäden perustaman sovelluksen kautta tai vaihtoehtoisesti rakentamalla lohkoketjuun perustuvan avoimen kauppapaikan, jonka avulla anonymiteetti voitaisiin taata. Näihin liittyy omat ongelmansa: kauppapaikan toimivuuden takaavan kriittisen massan saavuttamiseksi tarvitaan runsaasti kaupankävijöitä, mutta myös materiaalin todentamiseen liittyy omat haasteensa. Lohkoketjuteknologiaan pohjautuvan kauppapaikan läpimurron esteenä voi olla toistaiseksi esimerkiksi Bitcoinin kytkeytyvät ongelmat, jotka ovat luoneet epäluuloa itse teknologiaa kohtaan. On syytä todeta, että lohkoketjuteknologia pystyy mahdollistamaan anonyymien ja todennettavan jäte- ja sivuvirtakauppapaikan. Jäämme seuraamaan mielenkiinnolla, miten teknologia muuttuu markkinapaikan mahdollistajaksi.

Uskomme, että yhdistämällä lopulta näitä esitettyjä lähestymistapoja voidaan nopeasti nostaa jäte- ja sivuvirtojen hyödyntäminen uudelle tasolle ja näin ratkaista materiaalikiertoihin liittyviä kiertotalouden haasteita.

Kuinka materiaalitieto muutetaan liiketoimintamahdollisuuksiksi?

Kiertotalouden edistämiseen tarvitaan tiettyjä muuttujia materiaalivirtoihin liittyen. Analyysiä varten tarvitaan tietoa ainakin tuotantopaikoista ja näiden materiaalitarpeista, syntyvistä sivuvirroista, sivuvirtojen määrästä ja laadusta. Lisäksi logistista optimointia varten tarvitaan materiaaleihin liittyviä hintatietoja analyysin tarkentamiseksi. Se, mihin tietoa käytetään, määrittää lopultakin vaadittavan tiedon tarpeen.

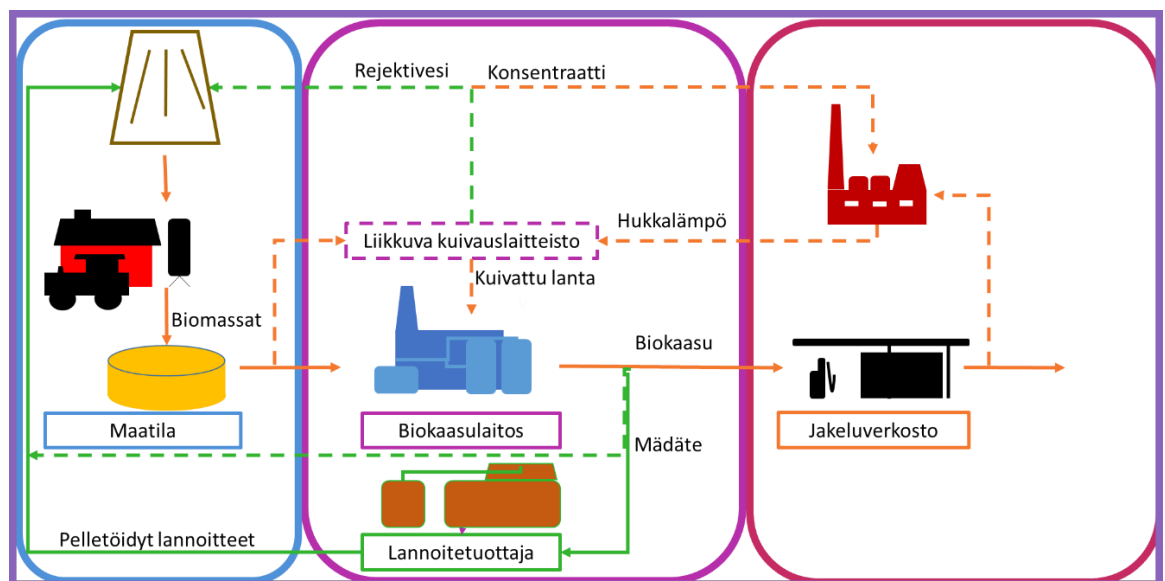
Keräämämme tieto materiaalivirroista ja näiden massoista antaa kattavan kuvan yritysten materiaalivirroista yleisemmällä tasolla. Tämä tieto antaa hyvän lähtökohdan ymmärtää olemassa olevien jäte- ja sivuvirtojen hyödynnettävyyttä ja näihin virtoihin liittyviä liiketoimintamahdollisuuksia. Tietokanta-analyysi mahdollistaa ennen kaikkea liiketoiminnallisten yhteistyökuvioiden rakentamisen valittujen materiaalivirtojen ympärille, kuten alla oleva esimerkitapaus osoittaa.

Case: Tiedon merkitys paikallisten biokaasun tuotantomahdollisuuksien tunnistamisessa

Olemme rakentaneet esimerkkitapauksen osoittaaksemme materiaalitietokannan mahdollisuudet uusien liiketoimintamahdollisuuksien ja yhteistyökuvioiden avaamisessa. Aloitimme analyysimme tunnistamalla tietokannasta mielenkiintoisia materiaalivirtoja, joille voisi löytyä hyötykäyttöä. Rajoitimme analyysimme teollisuuden ja maatalouden jäte- ja sivuvirtoihin, joiden kokonaisuudessa oli noin 1 900 000 t/a eli noin 4 % bioperäisen aineen hyödyntämisestä vuositason tasolla (Suomen tilastokeskus, 2016).

Suurin ongelma analysoitujen biomassojen tehokkaassa hyödyntämisessä oli se, että logistiset kustannukset tai riittämätön tieto mahdollisuuksista estävät näiden materiaalivirtojen tehokasta hyödyntämistä. Olemmekin yhdistäneet tietokannassamme määrät sijainteihin, jolloin voimme analysoida paikallisia massavirtoja yksityiskohtaisemmin ja tunnistaa näistä taloudellisesti ja ekologisesti kelvolliset mutta hyödyntämättömät liiketoimintamahdollisuudet.

Eräs tunnistamistamme mahdollisuuksista oli paikallinen biokaasutuotanto teollisista ja kunnallisista sivuvirroista sekä maatalojen lannasta ja peltobiomassoista, jolloin pystytään luomaan materiaalin tuottajille ja muulle arvoketjulle lisäarvoa näistä vähäarvoisista jäte- ja sivuvirroista. Nykyään biokaasua tuotetaan pääosin kunnallisista jätevirroista mutta vähemmässä määrin teollisuuden tai maatalojen sivuvirroista, johtuen tuotannon huonosta kannattavuudesta, joka puolestaan johtuu suhteellisen suurista investointikustannuksista verrattuna saatavaan hyötyyn. Kuva 1 esittää biokaasun tuotantoprosessia kaikkine vaihtoehtoisine hyödyntämismahdollisuuksineen.



Kuva 1, Biokaasun tuotanto ja siihen liittyvät materiaalivirrat

Biokaasutuotannon mittakaava määrittää suurelta osin tuotannon kannattavuuden pääomakustannusten kautta, logistiikan ja huollon määrittäessä pitkälti operatiivisia kustannuksia. Tietokantamme avulla on mahdollista tunnistaa sellaisia paikallisia biokaasun tuotannon mahdollisuuksia, joissa logistisen optimoinnin jälkeen voidaan saada järkevän etäisyyden päästä tuotannon kannattavuuden kannalta merkittäviä määriä biomassaa hyödynnettäväksi mahdollisimman vähäisin kustannuksin. Maatiloilla voidaan lisäksi saavuttaa hyvin merkittäviä kustannussäästöjä sillä, että maatiloilla jo nykyisellään tulee olla asetusten mukainen määrä varastointikapasiteettia esimerkiksi pelloille levitettävän lannan säilömiseen.

Tällainen tuotantokuvio voi olla houkutteleva myös lannoitteiden tuotannon kannalta, jotka pystyvät hyödyntämään esimerkiksi biokaasutuotannon mädätteen ravinnepitoiseksi lannoitteeksi. Lisäksi tällaisen yhteistoiminnan houkuttelevuutta lisää se, että asiakaskunta on keskimäärin lähellä tuotantolaitosta, jolloin tässäkin voidaan saavuttaa logistisia säästöjä ja saada lisätuottoja tuotantolaitokselle.

Tuotetun biokaasun myymiseksi sijaintitieto voi osoittautua merkitykselliseksi erityisesti, jos biokaasutuotannon läheisyydestä on löydettävissä olemassa oleva jakeluasema ja infrastruktuuri, jonka kautta biokaasua voitaisiin myydä liikennepolttoaineeksi. Tämän lisäksi biokaasun metaani voisi olla hyödynnettävissä paikallisissa kemianteollisuuden laitoksissa sellaisenaan tai jopa prosessikaasuna.

Ylimääräinen biokaasu, joka jäisi yli jakeluketjulta tai teollisuudelta voitaisiin hyödyntää lämmöksi läheisillä maatiloilla ja teollisuudessa, jolloin näiden lämmityskustannuksia pystyttäisiin alentamaan ja saamaan myös lisätuloja biokaasulaitokselle.

Tämän lisäksi tietokantaan sisältyy mahdollisuus tunnistaa paikallisia jätelämmön lähteitä, joita voitaisiin hyödyntää sivuvirtojen kuivaamiseen logististen kustannusten alentamiseksi ja materiaalin keräysalueen laajentamiseksi. Tietokanta mahdollistaa ennen kaikkea koko tuotantojärjestelmän systeemianalyysin, taloudellisen mallintamisen ja optimoinnin sen sijaan, että keskityttäisiin vain tehdasinvestoinnin vaikuttavuuteen.

Tietoa Alkem OY:stä

Alkem Oy:n tarkoitus on alentaa teollisten yritysten kynnystä osallistua kiertotalouteen ja lähteä selvittämään kiertotalouden kautta saavutettavia hyötyjä ja liiketoimintamahdollisuuksia. Siksi analysoimme aktiivisesti materiaalivirtoja niihin kätkeytyvien liiketoimintamahdollisuuksien tunnistamiseksi. Tämän lisäksi tunnistamalla paikallisia jäte- ja sivuvirtojen hyödyntämismahdollisuuksia ja yhdistelemällä julkista ja yksityistä dataa pyrimme tarjoamaan sellaiset työkalut, joiden avulla voimme edistää materiaalitehokkuutta ja kiertotalouteen liittyvien uusien liiketoimintamahdollisuuksien toteuttamista.

Etsimme tällä hetkellä teollisia yhteistyökumppaneita ja teknologiayrityksiä, jotka haluavat ottaa kiertotalouden haltuunsa ja ymmärtää siihen liittyviä mahdollisuuksia paremmin.

Mikäli kaipaatte lisätietoja aiheesta, pyydämme teitä olemaan yhteydessä konsulttiimme Karri Lehtoseen (+358 400 749 042, karri@alkem.fi), joka antaa mielellään lisätietoja palveluistamme ja vastaa kysymyksiinne.

Kirjoittajista

Karri Lehtonen on kiertotalouden asiantuntija ja kestävä kehityksen ammattilainen, joka on rakentanut Alkem Oy:n tietokannan. Hän on koulutukseltaan prosessikemian diplomi-insinööri ja kauppatieteiden maisteri, erikoistumisalueinaan resurssien taloustiede, elinkaarianalyysi, teolliset symbioosit ja kiertotalous.

Gerald Esono on vapaa kirjoittaja ja yrittäjä, joka asuu tällä hetkellä Helsingissä. Gerald aloitti uransa rahoituspalveluissa tarjoten osaamistaan Lontoon Cityssä. Hänellä on jatkotutkiminto ympäristötieteistä (London School of Economics and Political Sciences) ja tutkiminto taloustieteistä (University of London).

Lähteet:

- [1] IPCC:n Raportti, 2018, "Global Warming of 1.5 °C", <http://www.ipcc.ch/report/sr15/>
- [2] Global Footprint network, (09/04/2018). "Has humanity's Ecological footprint reached its peak?" (blog), https://www.footprintnetwork.org/2018/04/09/has_humanitys_ecological_footprint_reached_its_peak/
- [3] WBCSD, (05/06/2017). "Circular Economy Potential and Environmental Priorities for Business" <https://www.ecofys.com/files/files/ecofys-wbcsd-2017-circular-economy-environm-prio-for-business.pdf>
- [4] The Ellen MacArthur Foundation, 2013. "Towards the Circular Economy: Economic and business rationale for an accelerated transition". <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy>
- [5] P.Lacy and J.Rutqvist, 2016. "Waste to wealth: The circular economy advantage". ISBN 978-1-137-53070-7
- [6] Meadows, D.H. et al. 1972. "The Limits to Growth" <http://www.donellameadows.org/wp-content/userfiles/Limits-to-Growthdigital-scan-version.pdf>
- [7] Brundtland Commission for WCDE, UN, 1987. "Our Common Future, - From one Earth to one World", <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>
- [8] Gupta, S. et al., 2018, "Circular economy and big data analytics: A stakeholder perspective" (access required) <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162517314488>
- Lisälukemista:
- [9] Sitra, 2016. "Leading the Cycle, Finnish Roadmap to Circular Economy 2016-2025". <https://media.sitra.fi/2017/02/28142644/Selvityksia121.pdf>
- [10] M. Lewandowski, 2015. "Designing the Business Models for Circular Economy - Towards the Conceptual Framework" <https://pdfs.semanticscholar.org/78c1/025b21e46bb2ff0a3e668b8853ba148829e4.pdf>
- [11] Virtanen et al., 2018. "Circular Material Library. An innovative tool to Design Circular Economy" <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/14606925.2017.1352685>

Yhteystiedot:

Karri Lehtonen

sähköposti: karri@alkem.fi

puhelin: +358 0400 749 042

Alkem Oy

Y-tunnus 0889360-8

00570 Helsinki

Finland

www.alkem.fi/kotisivu