

# Paikkatietojärjestelmä teollisten symbioosien mallintamisessa

LAHDEN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikan ala  
Ympäristötekniikka  
Ympäristönsuojelutekniikka  
Opinnäytetyö  
Syksy 2016  
Miika Marttila

Lahden ammattikorkeakoulu  
Ympäristötekniikka

MARTTILA, MIIKA:

Paikkatietojärjestelmä teollisten  
symbioosien mallintamisessa

Ympäristönsuojelutekniikan opinnäytetyö, 49 sivua

Syksy 2016

TIIVISTELMÄ

---

Opinnäytetyössä rakennettiin paikkatietojärjestelmän avulla karttapohjainen työkalu materiaalivirtojen hallintaan sekä teollisten symbioosien luomiseen Lahden ammattikorkeakoulun Kiertoliike-projektille. Kiertoliike-projekti edesauttaa liiketoiminnan siirtymistä kiertotalouden suuntaan Päijät-Hämeen alueella, kuten Euroopan komission kiertotalouspaketti tekee Euroopan Unionin alueella. Lisäksi opinnäytetyössä tutkittiin paikkatietojärjestelmien hyödyntämismahdollisuuksia koko kiertotaloudessa.

Työ toteutettiin suunnittelemalla ja rakentamalla ArcGIS-paikkatietojärjestelmällä Päijät-Hämeen kiertotalousmalli sekä kehittämällä siitä työkalu, jota olisi mahdollista hyödyntää kiertotaloudessa. Järjestelmän hyödyntämismahdollisuuksia tutkittiin ratkomalla työkalun avulla kiertotalous-aiheisia ongelmia ja vertaamalla järjestelmän ominaisuuksia Euroopan komission vaatimukseen uudeltaisesta informaatioverkostosta.

Työn tuloksena todettiin paikkatietojärjestelmien vastaavan pitkälti Euroopan komission vaatimuksia sekä pystyvän ratkaisemaan keskeisimpiä kiertotalous-aiheisia ongelmia. Lisäksi opinnäytetyöprosessissa rakennettua työkalua on mahdollista hyödyntää mallina seuraavan sukupolven kiertotalousmallien rakentamisessa.

Asiasanat: Kiertotalous, Teolliset symbioosit, GIS, Paikkatietojärjestelmä, Materiaalivirrat, Jätteiden hyötykäyttö

Lahti University of Applied Sciences  
Environmental technology

MARTTILA, MIIKA:

Utilization of GIS with  
Industrial Symbiosis

Environmental protection technology

49 pages

Autumn 2016

ABSTRACT

---

The aim of this Bachelor's thesis was to build a map-based tool via GIS to manage material flows and to create industrial symbiosis. The tool was made for LAMK's Kiertoliike-project, which drives businesses towards the circular economy in the Päijät-Häme district. Such as the European Commission is trying to do in the EU with their Circular Economy Strategy. In addition, the utilization possibilities of GIS in the circular economy were studied in this thesis.

The study was carried out by planning and building the Circular economy model for Päijät-Häme district via ArcGIS-program and by developing it into a tool to utilize in the circular economy. The utilization possibilities of GIS were studied by solving problems related to the circular economy and by comparing the attributes of ArcGIS to the requirements of a new information network set by the European Commission.

The findings indicate that the attributes of ArcGIS match the requirements of the European Commission quite comprehensively. It was also proved that the GIS is able to solve some of the main problems related to the circular economy. On top of that, the tool built in this thesis can be used as a model for the next generation of Circular economy models.

Key words: Circular Economy, Industrial Symbiosis, GIS, Geographic information system, Material flows, Reusing waste

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	4
2	KIERTOTALOUS	6
2.1	Kiertotalouden ideologia	6
2.2	Yritysesimerkkejä kiertotalouden harjoittamisesta	9
2.3	Euroopan komission kiertotalouspaketti	11
2.4	Kiertotalous Suomessa	12
2.5	Kiertotalous ja logistiikka	15
3	TEOLLISET SYMBIOOSIT	17
3.1	Esimerkit maailmalta	18
3.2	Esimerkit Suomesta	21
4	KIERTOTALOUDEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET	25
5	ARCGIS-PAIKKATIETOJÄRJESTELMÄ	28
5.1	Paikkatietojärjestelmä	28
5.2	ArcGIS-järjestelmän hyödyntämisesimerkit	29
6	KIERTOLIIKE-PROJEKTIN KIERTOTALOUSHALLINTA	32
6.1	Kartan kokoaminen	33
6.2	Kartan hyödyntäminen Kiertoliike-projektissa	35
7	PAIKKATIETOJÄRJESTELMÄN HYÖDYNTÄMINEN KIERTOTALOUDESSA JA PAIKKATIETOANALYYSIT	37
7.1	Teollisten symbioosien löytäminen ja tehostaminen	37
7.2	Logistiikan kehittäminen	41
8	YHTEENVETO	44
	LÄHDELUETTELO	47

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on helpottaa teollisten symbioosien kehittämistä Päijät-Hämeen alueella sekä havainnollistaa paikkatietojärjestelmien hyödyntämismahdollisuuksia kiertotaloudessa. Kiertotalous on uusi malli ekonomisen hyödyn ja ekologisen toiminnan kytkemiseksi yhteen. Teollinen symbioosi tarkoittaa useamman yrityksen yhteistyötä, jossa yritykset tuottavat toisilleen lisäarvoa hyödyntämällä raaka-aineita, teknologiaa, palveluja ja energiaa tehokkaasti. Tällöin esimerkiksi toisen tuotannon sivuvirta tai jäte voi olla toisen raaka-ainetta (SITRA, 2016a).

Tämä opinnäytetyö pohjautuu osaltaan Euroopan komission hyväksymään kiertotalouspakettiin. Kiertotalouspaketin tarkoituksena on auttaa eurooppalaisia yrityksiä ja kuluttajia siirtymään kohti kiertotaloutta esittämällä konkreettisia toimenpiteitä muun muassa teollisten symbioosien edistämiseksi EU:ssa. Paketin laatimista oli johtamassa muun muassa Suomen entinen pääministeri Jyrki Katainen. (European Commission, 2015a)

Vuonna 2013 jätteiden kokonaismäärä Suomessa oli 96 miljoonaa tonnia. Asukasmäärään suhteutettuna luku on Euroopan unionin kolmanneksi suurin. Maa-ainekset mukaan lukien jätteiden hyödyntämisaste jäi Suomessa vajaaseen 16 prosenttiin kyseisenä vuonna. Euroopan kehittyneissä maissa ollaan nyt siirtymässä kaatopaikkasijoittamisesta energiahyödyntämiseen ja suljettujen kiertojen kierrätysyhteiskuntaan. Kiertotalouspaketilla EU antaa merkin siitä, että se odottaa jäsenmaidensa panostavan materiaalikiertojen sulkemiseen ja luonnonvaroja säästävien palveluiden kehittämiseen. (Seppälä;ym., 2016; Tilastokeskus, 2013)

Opinnäytetyön teoriaosuudessa selvennetään kiertotalouden ja teollisten symbioosien perimmäiset tarkoitukset ja aatteet. Lisäksi käsitellään ArcGIS-paikkatietojärjestelmän ominaisuuksia ja sen hyötykäyttökohteita. Paikkatietojärjestelmät ovat tietokoneohjelmistoja, joilla on mahdollista

analysoida ja visualisoida erilaista paikkatietoa. Paikkatieto on mitä tahansa sijainnin omaavaa tietoa (Vesseli, 2016).

Päijät-Hämeen alueella kiertotaloutta eteenpäin ajava Kiertoliike-projekti toimii työn toimeksiantajana. Työn tutkimusosuudessa esitellään projektissa ArcGIS-paikkatietojärjestelmällä rakennettu kiertotalousmalli, joka on kartta Päijät-Hämeen nykytilasta kiertotalouden näkökulmasta kuvattuna. Kartta esittää muun muassa alueen yritysten sijainnit ja niiden tuotannosta syntyvät sivuvirrat.

Lisäksi työssä tutkitaan paikkatietojärjestelmän ominaisuuksia ja hyödynnettävyyttä ongelmanratkaisussa sekä verrataan niitä Euroopan komission kiertotaloustavoitteisiin. Tutkimus suoritetaan rakentamalla ArcMap-karttaohjelmalla esimerkkianalysejä materiaalivirtojen ja logistiikan hallitsemiseksi.

## 2 KIERTOTALOUS

*Maapallon sanotaan kestävän jopa 10 miljardia ihmistä, jos vain suunnittelijat suunnittelisivat paremmin. Joidenkin tutkijoiden mukaan tarvitsemme kuitenkin viisi maapalloa, jos nykyisen ihmiskunnan kasvu ja kulutustottumukset pysyvät samanlaisina vuoteen 2050 asti. Ennen kuin kuitenkaan pakataan laukkumme ja lähdetään tältä planeetalta, otetaan hetki ja mietitään missä me olemme. Kuvittele, että tulemme Maahan jostain muualta. Millaista olisi saapua ja katsoa ympärille tietäen, että tulisimme asumaan täällä? Sitten mieti. Kuinka saisimme hyödynnettyä tämän kaiken parhaalla mahdollisella tavalla? (McDonough;ym., 2013) suomennos*

Kiertotalous on Suomelle suuri mahdollisuus. Sitran ja McKinseyn joulukuussa 2014 julkaistun selvityksen mukaan Suomi voi saavuttaa kiertotalouden avulla 1,5–2,5 miljardin vuotuisen arvonlisän vuoteen 2030 mennessä. Kiertotalous on talouden uusi malli, jossa materiaalit ja niiden arvo säilyvät, jätettä ei synny ja tuotteille luodaan lisäarvoa palveluilla ja älykkyydellä. (Tekes, 2015)

### 2.1 Kiertotalouden ideologia

”Vähennä, Käytä uudelleen, Kierrätä” –käytännön kunnianhimoisempi ja liiketoimintaystävällisempi seuraaja kiertotalous ohjaa palauttamaan raaka-aineet takaisin käyttökiertoon viisaan suunnittelun avulla.

”Kiertotalous on yläkäsite, joka sisältää monia erilaisia käytäntöjä”, toteaa Ella Jasmin, tutkimuspäällikkö Iso-Britannian Ellen McArthur –säätiöstä (Greenbiz, 2015). Kiertotalous ei siis ole vain yhden ihmisen tai organisaation kehittämä ekonomisen malli. Sen tavoitteet, toimintamallit ja arvot pohjautuvat useisiin eri aatteisiin. Ellen McArthur Foundation, yksi tunnetuimmista kiertotalouden myötävaikuttajista, on listannut seitsemän tärkeintä aatetta ja tutkimusalaa kiertotaloudelle.

Cradle to Cradle™ -konseptin ja -sertifikaatin ovat kehittäneet saksalainen kemisti Michael Braungart ja amerikkalainen arkkitehti Bill McDonough. Konseptin mukaan tuotteet ja niiden osat tulisi suunnitella siten, että ne

olisivat helposti korjattavissa ja vaihdettavissa. Näin tuote pysyisi käytössä pidempään ja käytön jälkeen osia olisi mahdollista hyödyntää uutena raaka-aineena. Kiertotalouden biologiset ja tekniset syklit tulevat Cradle to Cradle™ – konseptista. McDonough ja Braungart ovat kirjoittaneet kirjat *Cradle to cradle* sekä *Upcycle*, jotka ovat saaneet suuren suosion kiertotalous-piireissä. (Ellen McArthur Foundation, 2015c)

Performance economy -aatteen isäksi kutsutaan 1970-luvun lopulla Product Life -instituutissa työskennellyttä Walter Stahelia. Aatteen tavoitteena on työpaikkojen määrän ja talouden kasvattamisen lisäksi vähentää materiaalien ja energian kulutusta, erityisesti teollisissa maissa. Performance economy keskittyy tuotteiden mahdollisimman tehokkaaseen hyödyntämiseen. Se suosii palvelujen myymistä tuotteiden sijaan, jolloin palvelun tarjoaja on vastuussa jätteestä. Näin jäte on helpompi ohjata uudelleen käyttöön. (The Product Life Institute, 2013)

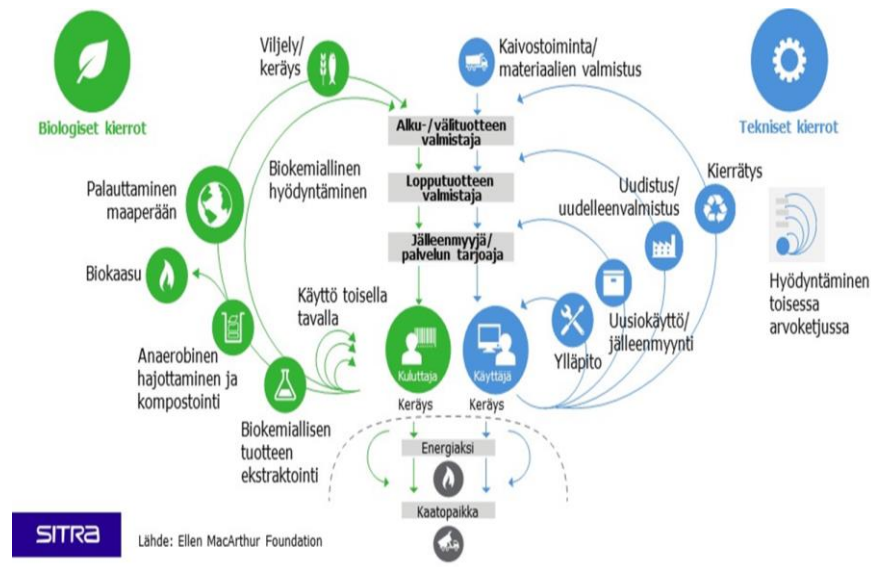
Biomimiikka ja teollinen ekologia ovat kiertotalouden teollisiin symbiooseihin liittyviä tutkimusaloja. Biomimiikka tutkii luonnon parhaita ideoita ja toimintatapoja sekä soveltaa niitä ihmisten ongelmiin. Teollinen ekologia pyrkii puolestaan muodostamaan energia- ja materiaalitehokkaita kiertoja, joissa jäte toimii raaka-aineena uudelle tuotteelle. Nämä kaksi aatetta tukevat toisiaan ja ovat kiertotalouden tärkeimmät teollisten symbioosien kehittäjät. (Biomimicry Institute, 2015; Rocky Mountain Institute, 2016)

Muita tärkeitä aatteita kiertotaloudelle ovat Natural capitalism, Blue economy ja Regenerative design. Natural capitalism ja Blue economy -aatteet ovat jäteorientoituneita ja kannustavat löytämään jätteelle tehokkaita hyötykäyttökohteita. Regenerative design antaa puolestaan suunnan kiertotaloudelliselle rakentamiselle. (The Division of Sustainable Development, 2013; Regenerative Leadership Institute, 2012; Ellen McArthur Foundation, 2015c)

Kiertotalous jakaantuu biologisiin (vasemmalla) ja teknisiin (oikealla) materiaalisykleihin, kuten kuviossa 1 Ellen McArthur Foundation esittää.



Biologisissa sykleissä kiertää biologisesti hajoava aines ja teknisissä sykleissä luontoon hajoamattomat aineet, kuten metallit ja muovit. Tavoitteena kiertotaloudessa on, että materiaalit häviäisivät ihmisten ulottuvista vain biologisessa syklissä, sillä biohajoavat jätevirrat on mahdollista palauttaa käytön jälkeen maaperään, jossa luonto hajottaa ne ravinteiksi. Tekniset materiaalit eivät hajoa ja ne tulisi puolestaan palauttaa takaisin käyttöön ensimmäisessä arvoketjussa hyödyntämisen jälkeen. (Ellen McArthur Foundation, 2015a)



KUVIO 1. Ellen MacArthurin selite kiertotaloudesta (SITRA 2016)

Kuvio 1 esittää polkuja biologisten materiaalien optimaaliselle hyödyntämiselle ja teknisten materiaalien palauttamiselle käyttökiertoon. Mitä lähempänä keskustaa, sitä tehokkaampi polku on.

Kuviossa 1 biologisten virtojen kauimmaisella polulla kuvataan sivuvirran anaerobinen hajottaminen, kompostointi, palauttaminen maaperään sekä hyödyntäminen maataloudessa tai kalankasvatuksessa ravinteena. Sivuvirran biokemiallinen hyödyntäminen on keskustaa lähemmällä biologisella polulla. Esimerkiksi biodieseliä on mahdollista valmistaa ruokateollisuuden jäteöljyistä tai pilaantuneista viljelystuotteista erottamalla eli ekstraktoimalla niistä kiintoaines ja käsittelemällä ne vetykaasulla. Pienet keskustaa lähinnä olevat polut kuvaavat sivuvirran hyödyntämistä

uudelleen. Rikkinäisen T-paidan silppuaminen uusien vaatteiden raaka-aineeksi on hyvä esimerkki tästä.

Kuviossa 1 keskustaa lähinnä olevalla teknisellä polulla kuvataan tuotteen säilyttäminen käytössä mahdollisimman pitkään sellaisenaan. Esimerkki tuotteiden ylläpidosta on maailman jokainen korjauspalvelu, joiden avulla tuotteiden käyttöikä pidennetään. Teknisen syklin toinen polku kuvaa tuotteen uusiokäyttöä eli tuotteen hyödyntämistä sellaisenaan toisessa arvoketjussa. Tuotteiden uudelleenvalmistus on kolmas tekninen polku. Esimerkiksi sellaisenaan uudelleenkäyttöön soveltumattomien metallituotteiden raaka-aineet on mahdollista ohjata takaisin käyttökiertoon muovaamalla ne uuteen muotoon. Tavanomainen kierrätys on neljäs ja viimeinen vaihtoehto, sillä kierrätysjätteen laadusta ei ole aina 100 % varmuutta. Näin ollen jätteiden hyödyntämismahdollisuudet kaventuvat. Myös logistiikan päästöt on otettava huomioon arvioidessa kierrätyksen ympäristövaikutuksia.

## 2.2 Yritysesimerkkejä kiertotalouden harjoittamisesta

Speedo tekee uima-asusteita tekstiilien ylijäämistä. Ford muokkaa vanhat lattiamatot moottorin komponenteiksi ja patterivalmistajat tekevät vanhoista pattereista uusia pattereita. (Greenbiz, 2015)

Hienoja esimerkkejä kiertotaloutta harjoittavista yrityksistä löytyy, mutta monilla on silti vielä parannettavaa. Yritystasolla on tärkeää saada yhdistettyä ympäristönsuojelu ekonomisen hyödyn kanssa, sillä ilman sitä uusia yrityksiä on hyvin vaikea saada mukaan muuttamaan omaa toimintaansa. Joissakin tilanteissa kuitenkin voi olla niin, että yritys ei ehkä tiedä, mitä he voisivat tehdä paremmin.

McKinsey & Company pyrkii alentamaan yritysten kynnystä siirtyä kiertotalouteen kehittämänsä ReSOLVER-työkalun avulla. Sen on jo todistettu auttavan yrityksiä valitsemaan heille sopivat kiertotaloudelliset toimet sekä arvioimaan niiden kuluja ja saavutettavia hyötyjä. ReSOLVER tulee sanoista REgenerate, Share, Optimise, Loop, Virtualise ja Exchange.

Nämä sanat ovat toimintapaketteja, jotka kaikki sisältävät erilaisia malleja yritykselle mahdollisista kiertotaloustoimista. (Corporate Ecoforum, 2015)

Ensimmäinen paketti, Regenerate, sisältää uusiutuviin energiamuotoihin ja materiaaleihin siirtymiseen sekä biologisten virtojen biosfääriin palauttamiseen liittyviä toimia. Share-toimintapaketissa keskitytään tuotteiden ja materiaalien säilyttämiseen käyttökierrossa. Sen toimintamalleja ovat muun muassa materiaalien uudelleenkäyttö sellaisenaan ja tuotteiden uudelleensuunnittelu Cradle-to-Cradle -ideologian mukaisesti. Optimize-paketti haastaa yrityksen käyttämään raaka-aineensa tehokkaammin sekä poistamaan jätteen tuotannostaan. Näistä jokainen toimintamalli mukailee teollisen ekologian aatteita.

Loop-toiminnot kytkeytyvät bioperäisten aineiden tehokkaaseen hyödyntämiseen, esimerkiksi biokaasujalostamon avulla, kuten Ellen McArthur Foundation kuviossa 1 esittää. Virtualise-paketissa kannustetaan yrityksiä tuotteiden ja palvelujen digitalisointiin, jolloin materiaalien käyttö automaattisesti vähenee. Viimeisessä Exchange-paketissa puolestaan keskitytään uusien teknologioiden kehittämiseen ja uuden liiketoiminnan aloittamiseen. (McKinsey, 2016)

Uusiutuviin luonnonvaroihin tukeutuminen, haitallisista aineista eroon pääseminen ja tehokkaampi raaka-aineiden hyödyntäminen ovat pienemmän mittakaavan tekoja, joihin kiertotalous kannustaa. Suuremman mittakaavan teot, kuten tuotteen uudelleensuunnittelu, uuden liiketoiminnan aloittaminen ja materiaalien kierrossa säilyttäminen, voivat olla hankalampia, mutta kuitenkin mahdollisia. (MISTRA, 2016)

Hyvä esimerkki tuotteen uudelleensuunnittelusta on Ecovative, joka tuottaa nykypäivänä täysin biohajoavia pakkausmateriaaleja. Maanviljelyn arvottomat sivutuotteet, kasvien rihmastot, saadaan näin hyötykäyttöön. Uutta liiketoimintaa harjoittaa yritys nimeltä Splosh, joka myy pesuainetiivisteitä. Splosh myy ensimmäisellä ostokerralla asiakkaalleen aloituslaatikon sisältäen pesuainepulloja, jotka täytetään yrityksen pesuainetiivisteellä ja hanavedellä. Pullot on tarkoitus täyttää tiivisteillä

useita kertoja, jolloin valmistusmateriaaleja säästyy. (Ellen McArthur Foundation, 2015b)

Juomavalmistaja Carlsberg pyrkii poistamaan tuotannostaan jätteen ja optimoimaan materiaalien uudelleenkäytön suunnittelemalla tuotteitaan ja pakkausmateriaalejaan uudelleen. Carlsberg aloitti vastuullisemman toiminnan harjoittamisen yhdessä tärkeimpien yhteistyökumppaniensa kanssa kiinnostuttuaan Cradle to Cradle™ -ajattelumallista. Vuonna 2014 Carlsbergin tölkeille myönnettiin Cradle-to-Cradle -sertifikaatti, joka on alumiinitölkeille ensimmäinen laatuaan maailmassa. (Carlsberg Group, 2016a)

Pakkaukset ovat hyvin konkreettinen ja näkyvä osa Carlsbergin tuotteita sekä samalla yksi suurimmista yrityksen hiilidioksidipäästöjen tuottajista. Tällä hetkellä, yhdessä Tanskan teknillisen yliopiston ja muutamien muiden yritysten kanssa, Carlsberg suunnittelee puun kuiduista valmistettua, 100 % biohajoavaa olutpulloa. Green Fibre Bottle valmistetaan vastuullisesti tuotetuista raaka-aineista, kasvattamalla puita samaan tahtiin kuin satoa korjataan. Vaikka pullot ovat biohajoavia, on tarkoituksena kierrättää niitä normaaliin tapaan uusiokäyttöön, kunnes ne lopuksi maatuvat harmittomasti. Kuiduista valmistetun pullon tuottamiseen kuluu myös vähemmän energiaa, jolloin riippuvuus fossiilisiin polttoaineisiin vähenee. (Carlsberg Group, 2016b)

### 2.3 Euroopan komission kiertotalouspaketti

25. kesäkuuta 2015 järjestettiin Brysselissä Euroopan komission sidosryhmien kiertotalousaiheinen konferenssi. Closing The Loop – Circular Economy: boosting business, reducing waste -konferenssi poiki mielipiteitä ja ideoita koskien Euroopan tulevaa kiertotalouspakettia. Konferenssissa oli kuusi pääteemaa: tuotanto, kierrätysmateriaalien markkinat, kulutus, materiaalit ja kemikaalit, tutkimus, innovaatiot ja sijoitukset sekä jätelainsäädännön päivittäminen. (European Commission, 2015b)

*Tällä hetkellä Eurooppa on paras paikka kestäväälle ja ympäristöystävälliselle liiketoiminnalle. Parantamalla resurssitehokkuutta ja vähentämällä riippuvuutta niukoista raaka-aineista voimme saavuttaa kilpailuetuja. Työpaikkojen luomisen potentiaali kiertotaloudessa on valtava, ja parempien ja tehokkaampien tuotteiden ja palvelujen kysyntä lisääntyy.*, kertoo Euroopan komission varapuheenjohtaja Jyrki Katainen. (European Commission, 2015a)

Komissio hyväksyi kiertotalouspaketin 2.12.2015. Paketti sisältää toimintasuunnitelman, joka lisää kierrätystä ja materiaalien uudelleenkäyttöä EU:n alueella. Kiertotalouspaketin toimilla pyritään muuttamaan tuotteiden koko elinkaari sen sijaan, että keskityttäisiin vain sen loppuvaiheeseen. Tämä mukailee Cradle to Cradle -ajatusmallia raaka-aineiden uudelleensuunnittelusta paremman uusiokäyttötaseen saavuttamiseksi. Suunnitelmien avulla otetaan raaka-aineista maksimaalinen hyöty, säästetään energiaa ja vähennetään kasvihuonepäästöjä. Tämä työpaikkoja luova, kestävä kasvua tukeva ja yli 6 miljardilla eurolla tuettu toimintasuunnitelma kattaa tuotteiden valmistus- ja kulutusvaiheen lisäksi myös kierrätysraaka-ainemarkkinat. (European Commission, 2015a)

#### 2.4 Kiertotalous Suomessa

Suomen nykyinen hallitus näkee kiertotalouden kasvavana mahdollisuutena. Hallitusohjelman kärkihankkeen *Kiertotalouden läpimurto ja puhtaat ratkaisut käyttöön* tavoitteena on hyödyntää kiertotaloutta ja edistää Itämeren ekologista tilaa. Lisäksi hankkeessa on tarkoituksena lisätä maatalouden ravinne- ja energiaomavaraisuutta sekä kasvattaa vientiä ja synnyttää uusia työpaikkoja. (Valtioneuvosto, 2016)

Hanke pitää sisällään neljä toimenpidettä, jotka sisältävät askelia tavoitteiden saavuttamiseksi. Ensimmäinen toimenpiteistä on valmistella kierrätystä edistävää lainsäädäntöä ja ratkaisuja. Toimenpide tehdään uudistamalla valtioneuvoston asetus jätteiden käytöstä maarakentamisessa, tekemällä hankkeita ja kokeiluja kiertotalouden sekä

kierrätyksen edistämiseksi ja toteuttamalla tarpeellisia jätelain muutoksia. Toisen toimenpiteen tavoitteena on lisätä ravinteiden kierrätystä ja tehostaa toimia Itämeren suojelemiseksi. Toimenpiteessä toteutetaan uusiutuvaan energiaan ja ravinteiden kierrätykseen liittyvää tuotekehitystä ja demonstraationhankkeita. (Valtioneuvosto, 2016)

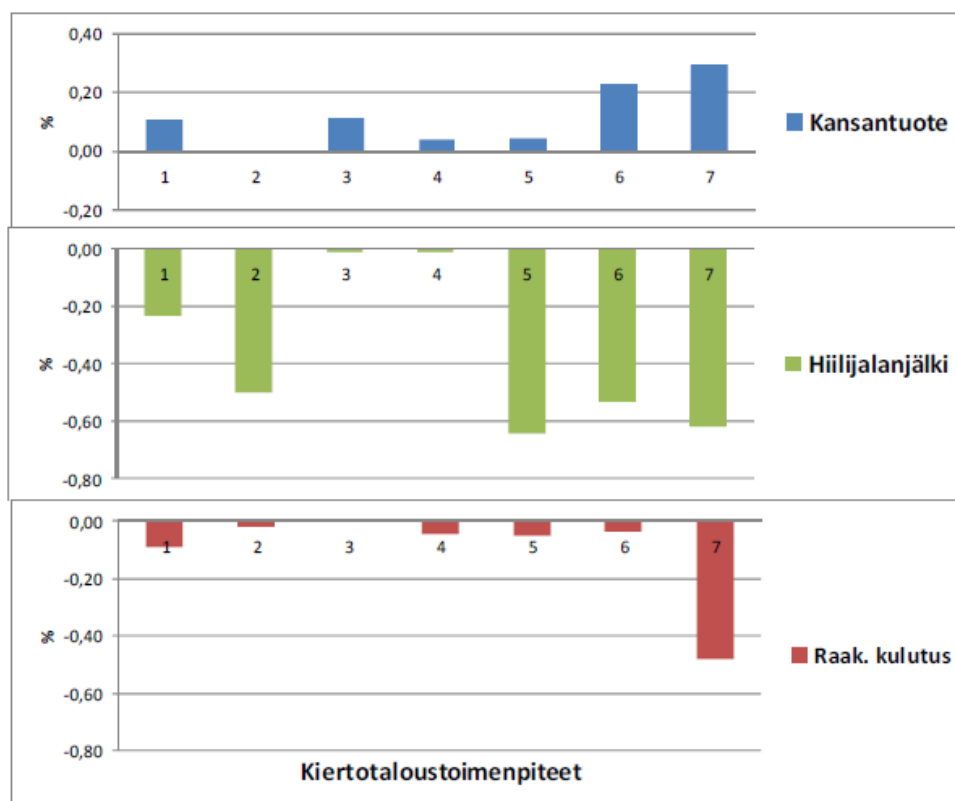
Kolmannessa toimenpiteessä käynnistetään maa-alueiden kunnostuksen ja maa-aineksen kierrätyksen kokeiluohjelma. Ohjelmassa tutkitaan maa-ainesten hyötykäytön lisäämistä, sen kriittisimpiä riskialueita ja puhtaiden kotimaisten teknologioiden kehitystä. Viimeinen toimenpide vauhdittaa puhtaita cleantech-ratkaisuja. Toimenpiteessä rahoitetaan puhtaiden ratkaisujen kehittämistä, parannetaan materiaali- ja raaka-ainevirtojen hyödyntämistä teollisilla symbiooseilla ja synnytetään uutta liiketoimintaa. Lisäksi kehitetään vähähiilisiä liikenne- ja energijärjestelmiä. Viimeistä toimenpide-pakettia rahoitetaan 23 miljoonalla eurolla. (Valtioneuvosto, 2016)

Suomen itsenäisyyden juhlarahasto SITRA on yksi näkyvimmistä kiertotalouden edistäjistä Suomessa. SITRA:n kolme teema-alueita ovat uudistumiskyky, resurssiviisas ja hiilineutraali yhteiskunta sekä kestävä talous. SITRA toteuttaa muun muassa kokeiluja ainekiertoja lisääviin toimintatapoihin ja resurssitehokkaisiin toimintamalleihin liittyen.

”Edelläkävijäyritykset pystyvät hyödyntämään materiaalivirtoja tehokkaasti ja hyötyvät uusista liiketoimintamalleista.”, kertoo Sitran johtaja Mari Pantsar-Kallio kiertotalouden ratkaisuista (Tekes, 2015). (SITRA, 2016)

Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminta on arvioinut seitsemän kiertotaloustoimenpiteen vaikutukset bruttokansantuotteeseen, kansantalouden hiilijalanjälkeen ja raaka-aineiden kulutukseen Suomessa vuonna 2030. Kuvio 2 esittää toimien prosentuaaliset myötävaikutukset kehitykseen, joka muutoinkin tapahtuisi. Kuviossa hiilijalanjäljellä tarkoitetaan kansantalouden kulutusperäisiä kasvihuonekaasupäästöjä (Kulutus = Kotimaan tuotanto + Tuonti – Vienti). Raaka-aineiden kulutuksella tarkoitetaan kansantalouden raaka-aineiden kulutusta.

Tutkimuksen mukaan tutkituista kiertotaloustoimista metsäteollisuuden materiaalitehostuminen on tehokkain toimi raaka-aineiden säästämiseksi ja bruttokansantuotteen kasvattamiseksi. Lisäksi se on myös erittäin tehokas tapa pienentää kansantalouden hiilijalanjälkeä.



- 1) Ruokahävikin vähentäminen
- 2) Ravinnekierron tehostaminen sekä biokaasun tuotannon lisääminen ja liikennekäyttö
- 3) Kotimainen kalarehun tuotanto sekä kalankasvatuksen lisääminen
- 4) Härkäpavun vijely
- 5) Tekstiilien uudelleenkäyttö sekä muovien, elektroniikkalaitteiden ja talorakennusjätteiden kierrätys
- 6) Liikenteen uusien käyttömuotojen edistäminen
- 7) Metsäteollisuuden materiaalitehostuminen

KUVIO 2. Kiertotaloustoimenpiteiden vaikutukset vuoteen 2030 mennessä (Seppälä;ym. 2016)

Tutkimuksen mukaan näiden 7 toimenpiteen seurauksena kansantaloutemme materiaalitehokkuus (BKT per materiaalien käyttö) kasvaa 1,3 % vuoteen 2030 mennessä. Tutkimuksessa todetaan myös, että orgaanisten jätteiden jalostaminen biokaasuksi liikennekäyttöön sekä raaka-aineiden tehokkaampi uudelleenkäyttö ovat korkeapotentialisia tapoja hiilijalanjäljen pienentämiseksi. Pelkästään näitä kahta toimea

tehostamalla ja niiden potentiaalia hyödyntämällä Suomen nykyisiä päästöjä olisi mahdollista pienentää jopa 4 %. (Seppälä, 2016)

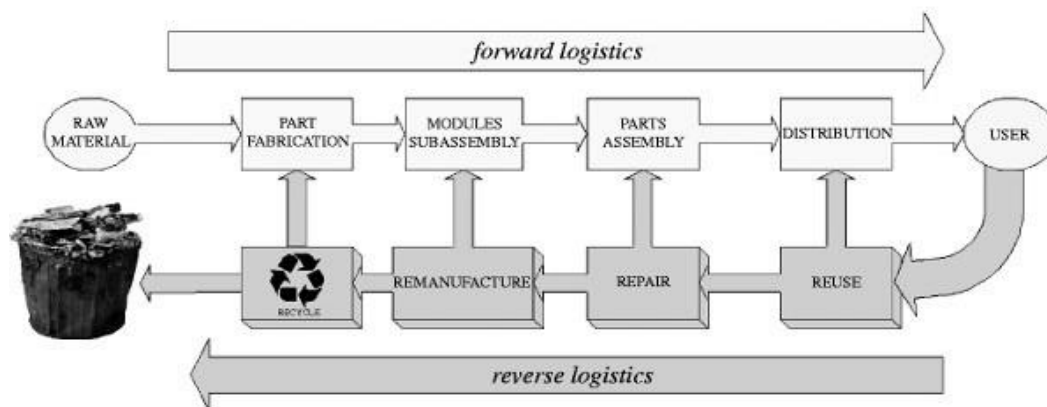
## 2.5 Kiertotalous ja logistiikka

Logistiikka on yksi kiertotalouden olennaisimpia asioita, sillä kiertotalous ja sen teolliset symbioosit tarvitsevat vierelleen tehokkaan logistiikkajärjestelmän. Sitran kiertotalouden johtavan asiantuntijan Kari Herlevin mukaan logistiikkayritysten tulisi tutkia teollisen internetin välineitä, sillä niiden avulla voidaan luoda uutta taloudellista arvoa. Kuljetusten hallinta verkon kautta ja reittien optimointi säästää asiakkaan rahoja sekä synnyttää ympäristöhyötyjä. (VR Transpoint, 2015)

Rotterdamın kaupunki mittaa jätteidensä määrää keräysastioissa Enevon antureilla sekä käyttää heidän pilvipalveluaan optimoidakseen jäteautojensa kulkureitit sekä tyhjennysvälit. Näin kaupunki onnistui puolittamaan jätteiden keräykseen käytetyn työajan ja jäteautojen ajokilometrit. Lisäksi jätteiden keräyskustannukset pienenivät tonnia kohden 48,10 eurosta 25,85 euroon. Kehittynyt kierrätyslogistiikka on alkanut kiinnostaa myös Suomessa. Esimerkiksi VR Transpoint on hankkinut 400 konttia hoitamaan valtaosan kierrätyslogistiikastaan. Suomessa tarvittaisiin kuitenkin vielä kehittyneempää yhteistyötä toimitusketjujen sekä jätteiden tuottajien välille. Avointa digitaalisen tiedon vaihtamista ja teollisen internetin hyödyntämistä tarvitaan paluuvirtojen kehittämiseen. (VR Transpoint, 2015)

*Paluuvirralla tarkoitetaan materiaalivirran eri vaiheista poistuvan jäte- tai sivutuotevirran sekä käytöstä poistettujen tuotteiden ohjaamista takaisin kiertoon tai loppukäsiteltäväksi. (Logistiikan Maailma, 2016)*





KUVIO 3 Käänteinen logistiikka käsittää käyttäjälähtöisen materiaalivirran kulun (Cerasis, 2013)

Kuvio 3 esittää käänteisen logistiikan sisältämät paluuvirrat harmaalla. Suora logistiikka eli materiaalien kulku neitsytmateriaaleista käyttäjälle kuvataan valkoisella. Käänteinen logistiikka, joka on kuvattuna harmaalla, on suhteellisen uusi tutkimusala, vaikkakin sitä on tunnistettu pysyväksi trendiksi jo pitkään. Käänteisen logistiikan tavoitteena on ohjata raaka-aineita kohti niiden uudelleenkäyttöä välttämällä kaatopaikkasijoitusta. Kuvio tiivistää käänteisen logistiikan ja kiertotalouden yhtenäisyydet. ”Jäte-status” myönnetään materiaalille vasta, kun uudelleenkäyttö, ylläpito, uudelleenvalmistus tai kierrätys ei ole enää mahdollista. (Kiger, 2016)

### 3 TEOLLISET SYMBIOOSIT

Luonnossa ei synny jätettä. Maailma on täynnä luonnon symbiooseja, joissa sivutuotteet saavat uuden käyttötarkoituksen eikä mitään mene hukkaan. Esimerkiksi kasvi saa yhteyttämiseen tarvittavan veden maasta ja energian auringosta. Kasvien viherhiukkaset ovat kuin pieniä aurinkovoimalla pyöriviä tehtaita, joissa hiilidioksidin sisältämästä hiilestä valmistetaan sokeria. Yhteyttämässä päätuotteena on kasvin kasvulle tärkeä sokeri ja sivutuotteena happi. Happi ei mene hukkaan, vaan sitä hengittävät ihmiset ja eläimet, jolloin se muodostuu takaisin hiilidioksidiksi. Tärkeä kiertotalouden tutkimusala, biomimicry, tutkii tämänkaltaisia luonnon omia symbiooseja. (Peda, 2016; Biomimicry Institute, 2015)

Teollinen ekologia tutkii sekä kehittää teollisia symbiooseja. Teollisen ekologian tavoitteena on kehittää integroituja malleja teollisista ekosysteemeistä, joissa energian ja materiaalien kulutus on optimoitu sekä jätteiden synty minimoitu. Ihanteellinen teollinen symbioosi on yritysten välinen yhteistyö, jossa mitään ei mene hukkaan ja kaikki raaka-aineet käytetään hyödyksi. Teollinen ekologia tutkii raaka-aineiden elinkaaria, ympäristövaikutuksia sekä materiaalivirtoja ja yhdistää nämä kaikki luodakseen mahdollisimman tehokkaita teollisia symbiooseja. (Clift;ym., 2016)

Iso-Britanniassa on käynnissä laaja kansallinen teollisen ekologian ohjelma NISP (National Industrial Symbiosis Programme), jossa erillään toimivia teollisuuslaitoksia ja organisaatioita on kytketty verkostoiksi. Resurssit, kuten materiaalit, energia, vesi ja logistiikka, on ohjattu tehokkaaseen käyttöön innovatiivisesti. Verkostojen avulla luodaan uusia liiketoimintamahdollisuuksia ja tunnistetaan materiaaleille uusia käyttökohteita. Ohjelma tuottaa arvonlisäystä jäte- ja sivuvirroille sekä on osoittautunut erittäin tehokkaaksi myös CO<sub>2</sub>-päästöjen vähentämisessä. (Motiva, 2016)

NISP-ohjelmassa on mukana yli 13 500 yritystä, jotka ovat pääosin pk-yrityksiä. Ohjelmalla on saavutettu vuotuisia säästöjä 156 miljoonan

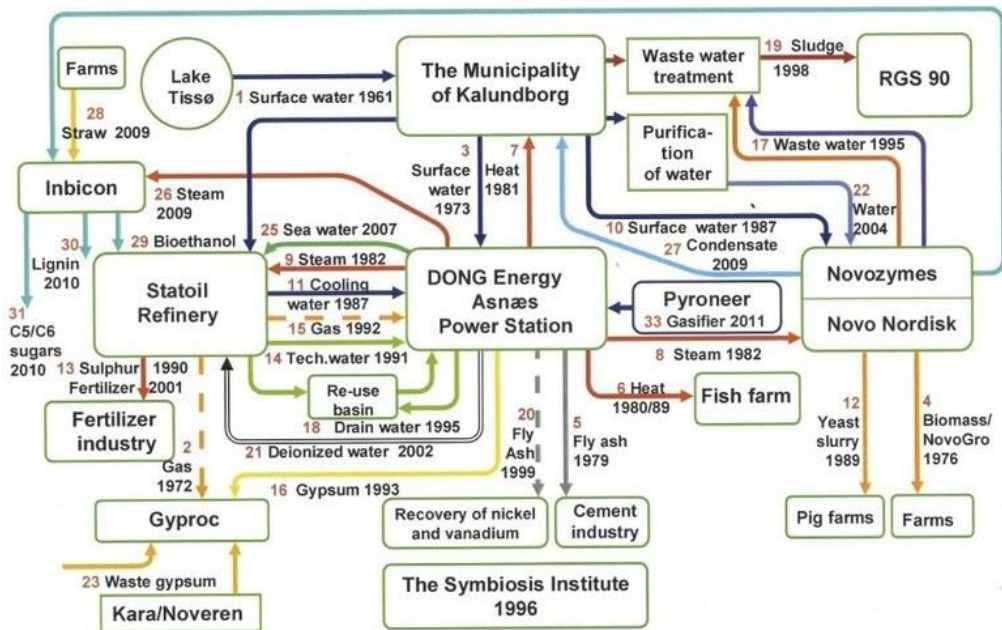
punnan edestä. Tämän lisäksi neitseellisiä raaka-aineita on säästetty 10 miljoonaa tonnia ja ongelmajätettä syntynyt 400 000 tonnia vähemmän. (Motiva, 2016)

Suomessa teollisia symbiooseja edistää pääasiassa FISS (Finnish Industrial Symbiosis System), joka on yritysten väliseen yhteistyöhön perustuva toimintamalli. FISS auttaa yrityksiä tehostamaan keskinäistä resurssien hyödyntämistä ja aloittamaan uutta liiketoimintaa. Tavoitteena on lisätä materiaalien arvoa sekä tehdä uusia kilpailukykyisiä tuotteita ja palveluja. (FISS, 2016)

Teollisia symbiooseja on kahta tyyppiä ja ne jaetaan sivutuotteiden vastaanottamisen perusteella yhden yrityksen hallinnoimiin ja useampien yritysten hallinnoimiin symbiooseihin. Useamman yrityksen hallinnoimassa teollisessa symbioosissa, kuten Tanskan Kalundborgissa, on mukana erilaisia yrityksiä erilaisine sivutuotteineen (Kalundborg Symbiosis, 2016). Yhden yrityksen hallinnoima symbioosi rakentuu usein uuden liiketoimintamahdollisuuden pohjalle, kuten ST1 teki Lahdessa muutama vuosi takaperin (St1, 2016). Tällainen liiketoimintamahdollisuus voidaan löytää, kun jollakin alueella on useampia samankaltaisia sivutuotteita tuottavia yrityksiä. (Clift;ym., 2016)

### 3.1 Esimerkit maailmalta

Yksi maailman tunnetuimmista teollisista symbiooseista sijaitsee Tanskassa, Kalundborgissa. Kalundborgin teollinen symbioosi sisältää yritysten välisiä suljettuja syklejä. Sykleissä yritykset ostavat ja myyvät ylijäämävirtojaan, josta seuraa ekonomisen, että ympäristöystävällinen hyöty. Symbioosin kehittymisen kannalta tärkein elementti on ollut tehokas kommunikaatio ja hyvä yhteistyö yritysten välillä. Vuoteen 2010 mennessä teollinen symbioosi on laskenut vuosittaisia CO<sub>2</sub>-päästöjä 275 000 tonnia ja säästänyt 3 miljoonaa m<sup>3</sup> vettä. (Kalundborg Symbiosis, 2016)

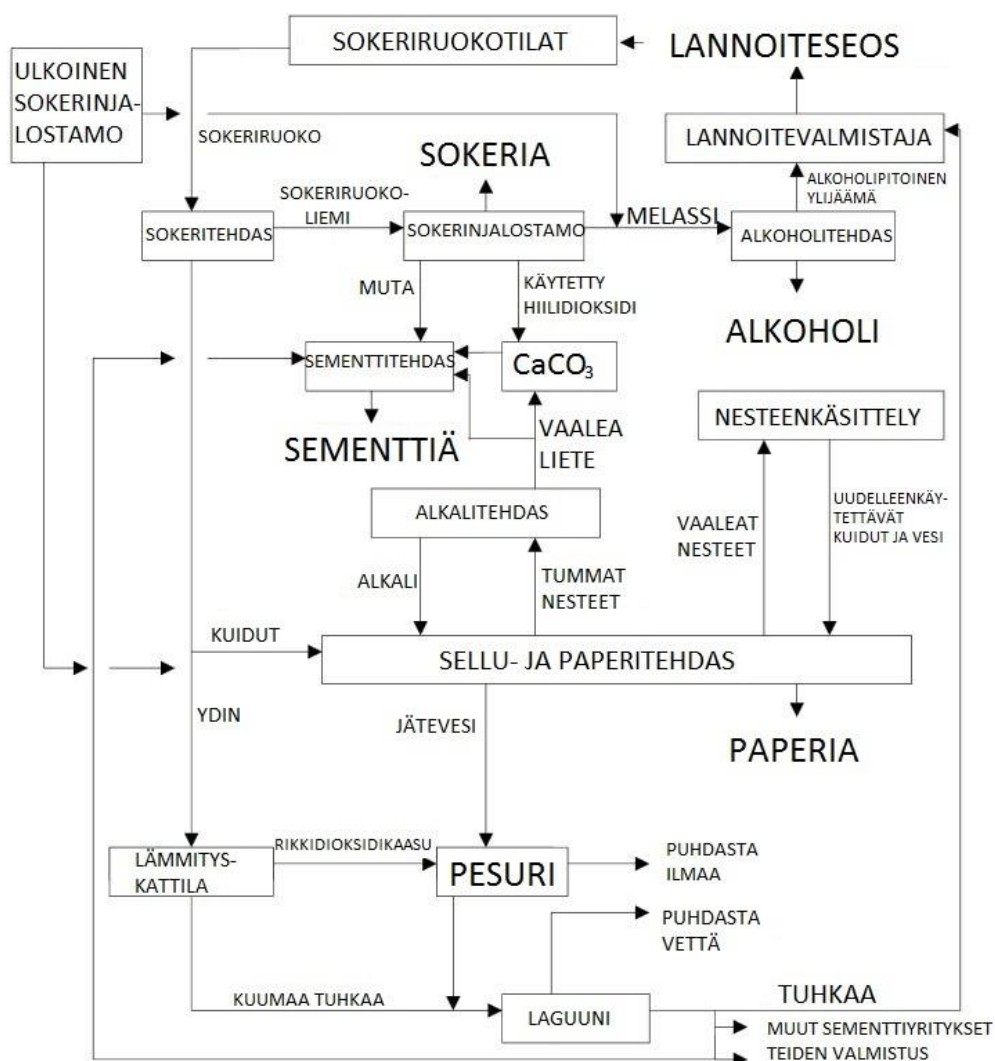


KUVIO 4. Kalundborgin teollinen symbioosi (IISD 2013)

Kuviossa 4 esitetään Kalundborgin teollinen symbioosi, jossa kiertävät raaka-aineet, vesi ja lämpö. Symbioosin keskeisimmät jäsenet ovat lämpöyhtiö Asnaes, öljyjaloitamo Statoi, kemikaalivalmistaja Novo Nordisk, kipsilevyvalmistaja Gyproc ja Kalundborgin kunta. Statoilin käsitellyllä jätevedellä viennetään Asnaesin laitosta, jonka jätekuonat hyödynnetään Statoilin ja Novo Nordiskin tuotannossa. Asnaesin tuhka ohjataan sementin valmistukseen ja sen höyryistä erotettava kipsi siirretään Gyprocille. Lämpölaitoksen ylijäämälämmöllä lämmitetään läheisiä taloja ja kalafarmia. Statoilin ylijäämäkaasuja käytetään halpana energianlähteenä lämpöyhtiöllä sekä Gyprocilla. Lisäksi Novo Nordiskin valmistaessa insuliinia syntyy käymisprosessin aikana ravinnerikasta hiivalietettä. Lietteestä valmistetaan biokaasua ja kiinteä loppujäte hyödynnetään lannoitteena. (IISD, 2013)

Guitang Group, yksi Kiinan suurimmista sokerinjalostamoista, on kehitellyt teollista symbioosiaan jo 40 vuoden ajan. Ensimmäisinä vuosina Guitang Group tutki vain mahdollisuutta käyttää läheisten yritysten jätteitä raaka-aineena omassa sokerintuotannossaan. Nykypäivänä kuitenkin Guitang Groupin symbioosissa yhdistyvät sokerin lisäksi alkoholin, sementin,

lannoitteiden ja paperin valmistus. Symbioosin avulla on löydetty uusia tulonlähteitä, vähennetty ympäristökuormitusta ja jätekustannuksia sekä parannettu sokerin laatua. Suljettu sykli on esitetty kuviossa 5. (Zhu;ym., 2007)



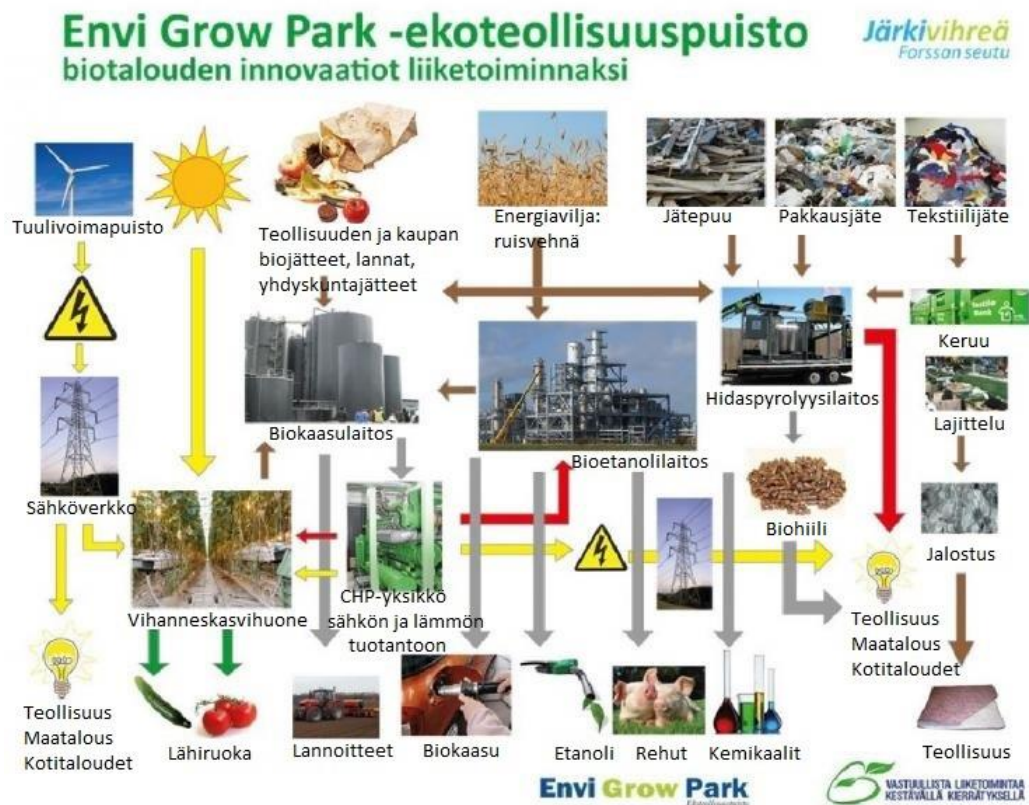
KUVIO 5. Guitang Group:n teollinen symbioosi (Zhu, Qinghua 2007)

Sokeriruukotiloilla kasvatettava sokeriruoko kuljetetaan sokeritehtaalle, jossa siitä erotetaan sokerin valmistuksessa käytettävä liemi. Sokeriruoko'n ydin hyödynnetään lämmön tuotannossa ja kuidut paperin tuotannossa. Alkalitehdas ottaa vastaan paperitehtaan sivuvirtoja, joista se erottelee alkaliliuoksen ja vaalean lietteen. Emäksinen alkaliliuos käytetään paperitehtaalla uudestaan ja vaalea liete menee sementtitehtaan raaka-

aineeksi. Sokerinjalostamolla sokeriruokoliemestä valmistetaan sokeria ja jalostamolla syntyvää mutaa sekä hiilidioksidia käytetään sementin valmistuksessa. Melassi puolestaan hyödynnetään alkoholitehtaan raaka-aineena. Paikallinen lannoitevalmistaja käyttää raaka-aineinaan alkoholitehtaan ylijäämiä ja lämpökattilan tuhkaa. Sokeriruokotiloja lannoitetaan tällä lannoiteseoksella, mikä sulkee materiaalisyklin.

### 3.2 Esimerkit Suomesta

Suomessa teolliset symbioosit ovat parhaiten havaittavissa ekoteollisuuspuistoissa. Forssan Envi Grow Park -ekoteollisuuspuisto on biomateriaalien ja -energian tuotantotila, josta löytyy ratkaisuja kierrätykseen, jätteiden käsittelyyn ja uusioraaka-aineiden hyödyntämiseen. Puiston yritykset ottavat vastaan kunnallisen jätteen lisäksi lasi-, metalli-, pahvi- ja paperilaatuja sekä bio-, elektroniikka- ja kylmälaitejätettä ja pilaantuneita maita. (FISS, 2016)



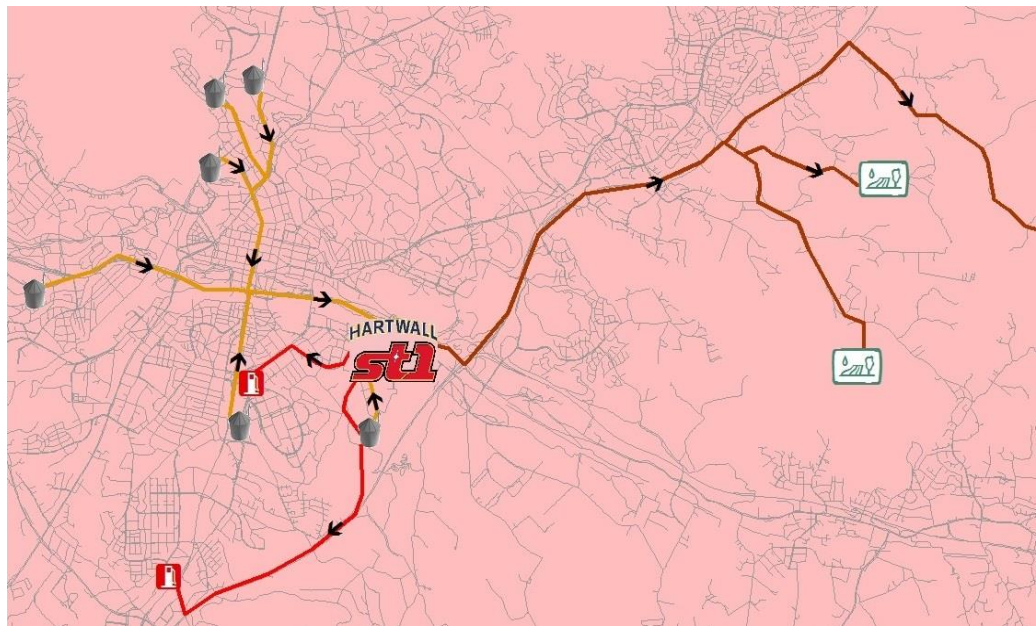
KUVIO 6. Envi Grow Park -ekoteollisuuspuistossa kierrätetään materiaaleja, energiaa, osaamista ja tietoja suljetussa järjestelmässä (FISS 2016)

Envi Grow Park –ekoteollisuuspuistossa sähkö- ja lämpöenergia hyödynnetään tehokkaasti sekä jätteistä tehdään uutta raaka-ainetta. Kuvio 6 esittää sähkö- ja lämpöenergian jakamisen keltaisella ja punaisella, jätteiden kierron ruskealla ja lopputuotteet harmaalla. Kuviossa ylimmällä rivillä näkyvät kaikki puiston raaka-aineet ja energianlähteet. Tuuli- ja aurinkoenergiaa hyödynnetään sähköntuotannossa ja biojätettä lämmöntuotannossa. Alimmalla rivillä esitetään tuotteet, joiden valmistamisessa Envi Grow Park on ollut osallisena.

Lahdessa St1:n Etanolix®-laitos on integroitu Hartwallin tehtaan prosesseihin, josta se saa raaka-ainekseen ylijäämänesteitä ja –hiivaa. Hartwallin alkoholi- ja sokeripitoisista ylijäämänesteistä valmistetaan etanolia ja hiilidioksidia. Etanolix®-laitos käyttää raaka-aineenaan myös tuotannon sivutuotteita Päijät-Hämeen Viljaklusterin toimijoilta, joihin

kuuluvat Fazer Leipomoiden Lahden leipomo, Fazer Mylly, Hollolan Hirvi, Lammin Sahti, Teerenpeli yhtiöt, Polttimo yhtiöt, Sinuhe sekä Vääksyn Mylly. Etanolin valmistuksen loppuvaiheessa syntyvää kuiva-ainetta hyödynnetään rehuteollisuudessa ja puhdistettua hiilidioksidia käytetään uudestaan juomien valmistukseen. (St1, 2016)

Kuviossa 7 on ArcGIS-järjestelmällä hahmoteltu esitys materiaali- ja tuotevirroista St1:n symbioosissa. Harmaat viljasiilot kuvaavat Viljaklusterin toimijoita, joiden sivutuotteet menevät St1:n raaka-aineeksi. Etanolix®-laitos tuottaa raaka-aineistaan 85-prosenttista etanolia, joka ennen bensiiniin sekoittamista väkevöidään St1:n absoluointilaitoksella Haminassa (St1, 2016). Ruskealla viivalla esitetään maataloille rehuteollisuuden kautta kulkeutuvia kuiva-aineita, joita syntyy etanolin valmistuksessa.



KUVIO 7. ArcGIS-karttaesimerkki St1:n, Viljaklusterin ja Hartwallin symbioosista

St1 rakennuttaa tuotantoyksiköitä paikoille, joilla syntyy pinta-alaan nähden reilusti käymiskelpoista jätettä. Tällöin raaka-aineet saadaan läheltä ja toiminta on taloudellisesti kannattavaa. St1:n suunnitelmissa on rakentaa Suomeen 10–15 Etanolix®-laitosta. Etanolix®-menetelmä on



saanut Kemianteollisuus ry:n innovaatiopalkinnon, Tasavallan presidentin valtakunnallisen INNOSUOMI 2008 –palkinnon sekä hopeasijan European Environmental Press Award 2008 –kilpailussa. (St1, 2016)

#### 4 KIERTOTALOUDEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

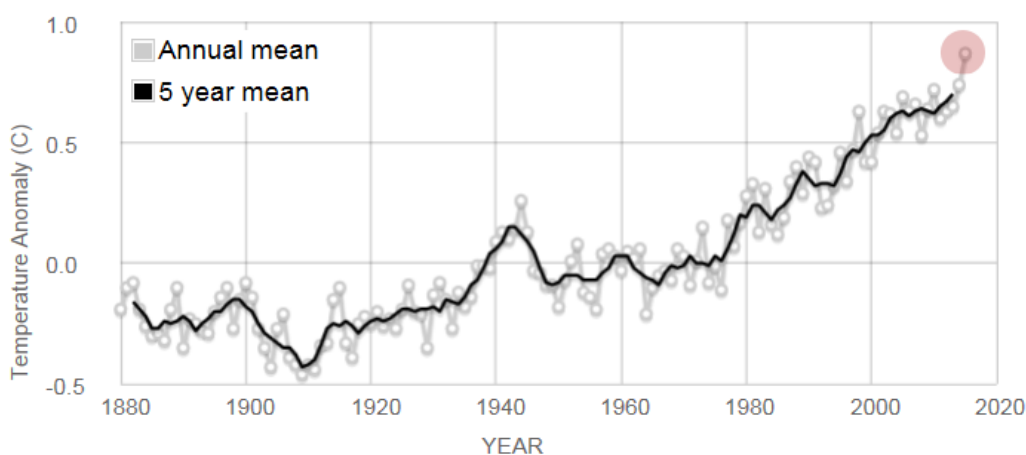
Kiertotalouden teolliset symbioosit ovat osoittautuneet tehokkaaksi tavaksi taistella ilmastonmuutosta vastaan. Niiden on todistettu pienentävän CO<sub>2</sub>-päästöjä ja raaka-aineiden kulutusta (Kalundborg Symbiosis, 2016) (Motiva, 2016). Kiertotalous yksin ei kuitenkaan ole ratkaisu, sillä se ei ota kantaa yksittäisen ihmisen kulutustottumuksiin. Ihmiskunnalla ei ole vielä hallussaan teknologiaa, jolla se voisi pysäyttää ilmastonmuutoksen haluamallaan, eli itselleen mieluisella tavalla. Ilman tällaista teknologiaa tai muutosta yhtenäisessä kulutuskäyttäytymisessä ilmastonmuutos ei tule pysähtymään. Lisäksi ilmastonmuutoksen hallitseminen tulee olemaan vuosi vuodelta vaikeampaa, sillä maapallon väestömäärä on jatkuvassa kasvussa (Worldometers, 2016).

Venus, Maan läheisin planeetta, on kasvihuoneilmiön vallassa. Venuksen pinnalla lämpötilat ovat jopa tarpeeksi suuria sulattaakseen lyijyä. Venus sijaitsee Maata lähempänä aurinkoa, mikä ei kuitenkaan ole syy korkeisiin lämpötiloihin. Venuksen ilmakehä on täynnä lämpösäteilyä estäviä rikkihappopilviä, joiden takia ilmaston pitäisi olla Maata viileämpi. Syy ilmastoon on ilmakehän tiheä hiilidioksidikerros, joka säilyttää pilvien läpi tunkeutuvan lämpösäteilyn visusti planeetan pinnalla. Venuksella hiiliatomit ovat melkein kokonaan kaasuna ilmakehässä. Maassa ne ovat puolestaan varastoituneet karbonaattikivilajeihin. 1900-luvulle asti vain 0,03 % maapallon sisältämästä hiilestä oli kaasun muodossa ilmakehässä. (Braga, 2014)

Kun Auringon valo lämmittää planeetan, ilmakehän hiilidioksidi imee planeetalta pakenevaa lämpöenergiaa ja palauttaa siitä osan takaisin planeetan pinnalle. Näin hiilidioksidi lämmittää planeetan uudestaan jo kerran pinnalla käyneen lämpösäteilyn avulla. Tämä on kasvihuoneilmiön ydin. Lievä kasvihuoneilmiö on elämälle tarpeellinen, sillä ilman hiilidioksidia planeettamme olisi liian kylmä asuttavaksi. (Braga, 2014)

Keväisin maapallon metsät hengittävät hiilidioksidia alentaen sen pitoisuutta ilmakehässä. Pudottaessaan lehtensä syksyllä, päästävät puut

hiilidioksidia takaisin ilmakehään. Näin luonto vaikuttaa hiilidioksidipitoisuuteen. Tulivuori Etna purkautuu aina muutaman vuoden välein päästäten ylimääräistä hiilidioksidia ilmakehään. Noin 500 miljoonaa tonnia hiilidioksidia purkautuu vuosittain ilmakehään luonnon toimesta. Se on kuitenkin vain 2 % siitä 30 miljardista tonnista, jonka ihmiskunta vuosittain tuottaa. (Braga, 2014)



KUVIO 8. NASA:n lämpötilamittaukset vuosilta 1880–2015 (NASA 2016)

NASA:n Global Temperature -data esittää Maan vuosittaiset keskilämpötilat vuosilta 1880-2015 kuviossa 8. Lisäksi tummalla viivalla esitetään 5 vuoden keskiarvoilla laskettu lämpötilajana samalta aikaväliltä. Kymmenen korkeinta vuosittaista keskilämpötilaa on mitattu vuoden 2000 jälkeen, lukuun ottamatta vuoden 1998 tulosta. Tulokset osoittavat ilmaston olevan lämpenemässä. Pisteiden hajonta on suurempi, mitä kauemmaksi nykyhetkestä kuljetaan. Syy siihen on mitä ilmeisimmin mittareiden alkeellisuus sekä erilaiset mittaustavat. Esimerkiksi meren pintaveden lämpötilaa mitattaessa mittaustuloksiin vaikuttaa mittaustastian materiaali. Havainto ilmaston lämpenemisestä on silti luotettava, sillä yksikään aikaisempi mittaustulos ei yllä 2000-luvun tulosten tienoille, kahta vuotta aikaisemmin mitattua tulosta lukuun ottamatta.

Ilmaston lämpeneminen on helppoiten havaittavissa Pohjoisella Jäämerellä, jossa jää, Maan kirkkain luonnonpinta, sulaa merivedeksi. Jää heijastaa

auringonvaloa takaisin avaruuteen ja meri puolestaan imee sen energiaa itseensä. Merien lämpenemisen seurauksena vielä enemmän jäätä sulaa, paljastaen lisää merenpintaa ja näin ilmaston lämpeneminen voimistuu entisestään. Alaskan, Siperian ja Kanadan pohjoisosat ovat pitkälti ikiroutaa. Näiden rannikoiden routainen maa sisältää vanhoja lehtiä ja juuria vuosituhansien takaa. Lämpimän meriveden sulattaessa roudan, vapautuu sen sisältämä hiilidioksidi ja metaani ilmakehään tehostaen kasvihuoneilmiötä. Jos ilmasto lämpenee tätä tahtia, ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden on mahdollista tuplaantua ikiroudan sulamisen seurauksena vuoteen 2100 mennessä. (Braga, 2014)

Hiilidioksidipitoisuus ja globaali lämpötila nousevat käsi kädessä. Hiilidioksidipitoisuuden nousu on todistettavissa tutkimalla jäätä. Grönlannin ja Etelänavan jääkerrokset sisältävät muinaista ilmaa jopa 800 000 vuoden ajalta. Nykyään ilmakehän hiilidioksidipitoisuus on 40 % korkeampi, kuin ennen teollista vallankumousta. Käyttämällä fossiilisia polttoaineita päästämme ilmakehään hiilidioksidia, joka muuten pysyisi maan alla kiinteässä tai nestemäisessä muodossa. Jos ilmakehän hiilidioksidipitoisuus tuplaantuisi 0,06 prosenttiin, nähtäisiin ilmastonmuutoksen seurauksena tappavia helleaaltoja, ennen näkemätöntä kuivuutta, tulvia, lajien sukupuuttoon kuolemista sekä hirmumyrskyjä. (Braga, 2014)

8.8.2016 oli viimeisin maailman ylikulutuspäivä. Ylikulutuspäivä on laskennallinen päivä, jolloin kulutuksemme ylittää maapallon kyvyn tuottaa uusiutuvia luonnonvaroja ja käsitellä aiheuttamiamme kasvihuonepäästöjä (WWF, 2016). Ylikulutuspäivä on aikaistunut vuosi vuodelta. Jos oletetaan vuoden 2016 tammi-elokuun keskimääräisen kulutuksen kuvastavan koko vuoden keskimääräistä kulutusta, voidaan laskea kuluttavamme 1,66 kertaisesti liikaa luonnonvaroja. Tästä voidaan päätellä, että ilmastonmuutoksen pysäyttämiseksi ihmiskunnan tulisi pienentää ekologista jalanjälkeään karkeasti 40 %, jos ihmiskunnan kasvua ei oteta huomioon.

## 5 ARCGIS-PAIKKATIETOJÄRJESTELMÄ

Paikkatietojärjestelmä eli GIS (Geographic Information System) auttaa visualisoimaan, tulkitsemaan sekä analysoimaan tietoa, jotta ymmärtäisimme paremmin asioiden yhtenäisyyksiä, tapoja ja trendejä. (ESRI, 2016a)

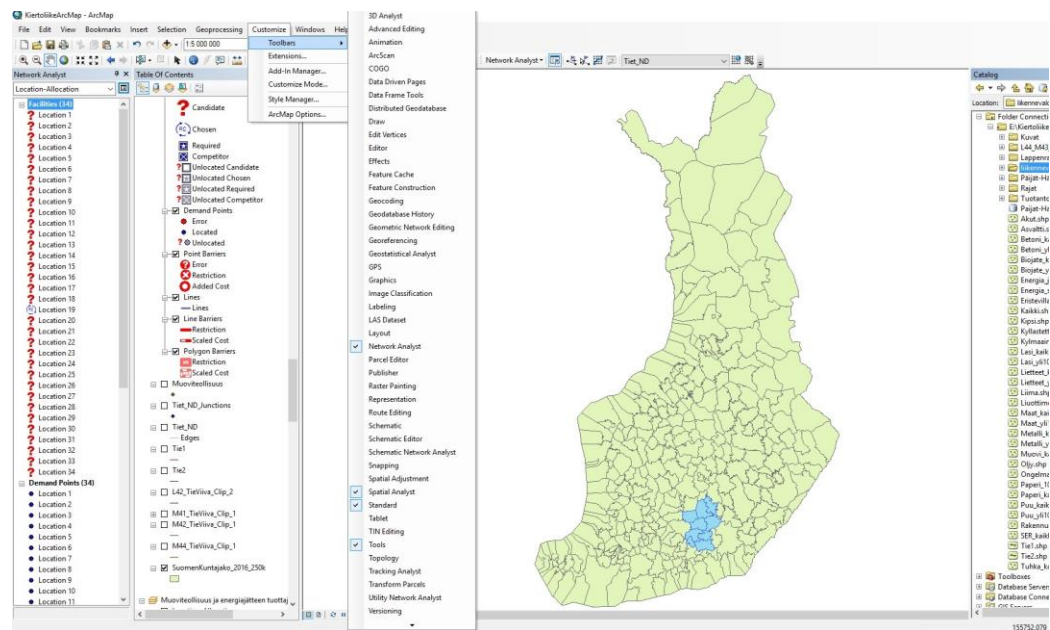
Paikkatietojärjestelmään voi lisätä mitä tahansa ominaisuustietoa, kuten numeerista tilastotietoa, tekstiä, kuvia tai muuta mediasisältöä.

Ominaisuustiedosta tulee kuitenkin paikkatietoa vasta, kun sille annetaan sijainti. Sijaintitiedoilla voidaan esittää asian tapahtumapaikka, mutta myös sen muoto sekä suhde muihin kohteisiin. Paikkatietojärjestelmät sisältävät matemaattisia analyysiominaisuuksia, joilla voi rakentaa kartografisia eli karttamaisia esityksiä. Lisäksi paikkatietojärjestelmä mahdollistaa useiden erilaisten aineistojen samanaikaisen tarkastelun eli paikkatietoanalyysin. Sen avulla erilaisia tietoja voidaan etsiä, luokitella ja yhdistää halutulla tavalla. (Vesseli, 2016)

### 5.1 Paikkatietojärjestelmä

ArcGIS-paikkatietojärjestelmän ArcMap-sovellus sisältää erilaisia työkaluja paikkatietoanalyyseistä GPS:n. Kuviossa 9 näkyy sinisellä tässä opinnäytetyössä työstetty Päijät-Hämeen alue. Oikean reunan Catalog-ikkuna on polku uuden datan lisäämiseen kartalle. Sitä kautta on mahdollista päästä käsiksi tietokoneen tiedostoihin, joista datat voi valita ja lisätä kartalle. Catalog-ikkunan kautta on mahdollista myös muokata aikaisemmin kasatut Excel-tiedostot ArcMap-kelpoisiksi ja tulokset näkymään kartalla. Vasemmassa reunassa sijaitseva Table Of Contents – ikkuna sisältää datan, joka on jo tuotu kartalle. Table Of Contents – ikkunan kautta on mahdollista muuttaa kyseisten datojen visuaalista

ilmettä. Toolbars-painikkeen takaa aukeaa lista ArcMap:n työkaluista.



KUVIO 9. ArcGIS-paikkatietojärjestelmän ArcMap-ohjelma sisältää sekä graafisia että matemaattisia työkaluja erilaisten karttojen kehittämiseksi

Paikkatietojärjestelmät ovat erilaisia ominaisuuksiltaan ja sisällöiltään. Markkinoiden tunnetuimpiin ja suosituimpiin järjestelmiin kuuluvat ArcGIS, Google Earth Pro ja AutoCAD Map 3D. Muita laadukkaita, muttei niin näkyviä kilpailijoita ovat esimerkiksi QGIS, Maptitude ja Global Mapper. G2 Crowd Grid<sup>SM</sup>:n asiakastyytyväisyyskyselyssä vertailtiin ArcGIS:n ja QGIS:n ominaisuuksia sekä käyttäjäystävällisyyttä. ArcGIS vastasi paremmin käyttäjän tarpeita, mutta kokonaistuloksissa QGIS sai paremmat arvostelut. Tässä opinnäytetyössä on käytetty Lahden ammattikorkeakoulun lisenssillä ArcGIS-paikkatietojärjestelmää. (G2 Crowd, 2016)

## 5.2 ArcGIS-järjestelmän hyödyntämisesimerkit

ArcGIS-paikkatietojärjestelmällä on edellytykset laaja-alaiseen hyödyntämiseen niin kansallisella kuin yritystasollakin. Järjestelmällä voidaan esimerkiksi suunnitella ja johtaa kunnan vesienhallintaa tai selvittää paras mahdollinen rakennuspaikka aurinko- ja tuulivoimalalle.

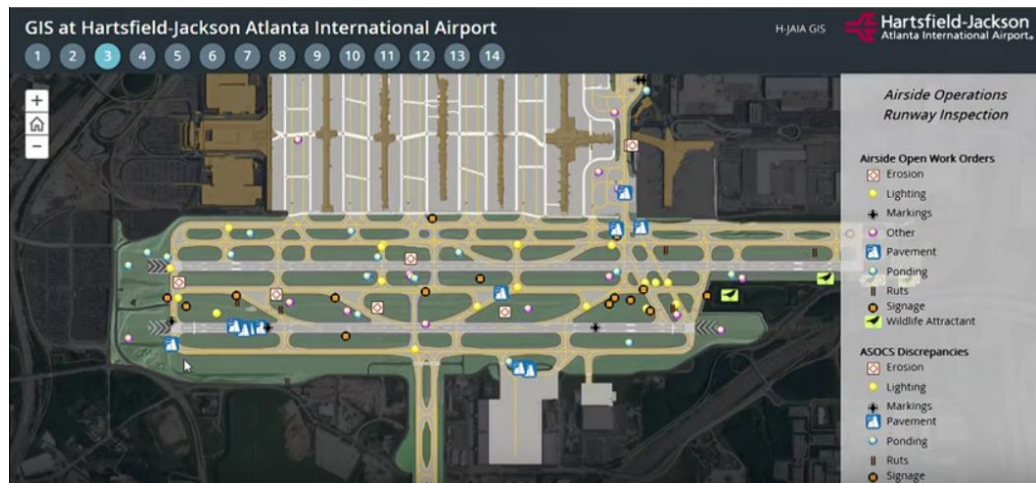
Myös armeijasta ja hätätilojen hallinnasta on löytynyt ArcGIS-järjestelmälle erilaisia käyttötarpeita. (ArcGIS, 2016)

Paikkatietojärjestelmiä käytetään laajasti myös rahtiliikenteen ja erilaisen kohteiden kunnossapidon ohjauksessa. Optimoimalla polttoaineen sekä henkilökunnan käyttöä paikkatietojärjestelmän avulla saavutetaan tyypillisesti 10–30 prosentin säästöjä toiminnallisella tasolla.

Paikkatietojärjestelmät ovat myös erittäin hyödyllisiä päätöksenteon apuna. Oikeita päätöksiä on helpompi tehdä, kun tietoa on laajasti ja selkeästi käsillä. GIS-kartat auttavat ymmärtämään ja selittämään tilanteita pääosin kaikille yhteisellä kielellä, kuvilla. (ESRI, 2016a)

Yhdysvalloissa Horry Countyn piirikunnassa käytetään ArcGIS-paikkatietojärjestelmää tuottamaan asukkaille tärkeää tietoa hurrikaanikauden aikana. Piirikunnassa sijaitsee Myrtle Beach, yksi maailman suosituimmasta rantalomakohteista, jossa yli 15 miljoonaa lomailijaa yöpyy vuosittain (Myrtle Beach Live, 2016).

Paikkatietojärjestelmällä tunnistetaan turvallisimmat evakuointireitit hurrikaanien vaara-alueilta poistumiseksi. (ArcGIS, 2016)



KUVIO 10. Hartsfield-Jackson Atlanta International Airport hyödyntää ArcGIS-järjestelmää huoltotoimenpiteidensä ohjauksessa (YouTube 2016)

Myös maailman vilkkaimmaksi lentokentäksi valittu Hartsfield-Jackson Atlanta International Airport käyttää ArcGIS-järjestelmää. Tavallinen

taulukkolaskentaohjelma on korvattu ArcGIS:llä, jotta huoltotoimenpiteet olisivat nopeammin ja laadukkaammin priorisoitavissa. ArcGIS osoittaa ongelmat ja poikkeamat eriteltynä tyyppin, sijainnin ja prioriteetin mukaisesti reaaliajassa. Esimerkki lentokentän käyttämästä tietokannasta on esitetty kuviossa 10. (ArcGIS, 2016)



## 6 KIERTOLIIKE-PROJEKTIN KIERTOTALOUSHALLI

Tämän opinnäytetyön aihe on saanut alkunsa Kiertoliike – Päijät-Hämeen kiertotalousmalli ja uudet liiketoimintamahdollisuudet -projektista. Sen päätavoitteena on tukea päijäthämäläisten yritysten nykyisten prosessien, tuotteiden ja palvelujen muutosta kiertotalouden suuntaan. Projektin muita tavoitteita ovat kiertotalouteen liittyvän osaamisen vahvistaminen, uusien innovaatioiden mahdollistaminen sekä uuden liiketoiminnan aloittaminen alueella. (Liski, 2016)

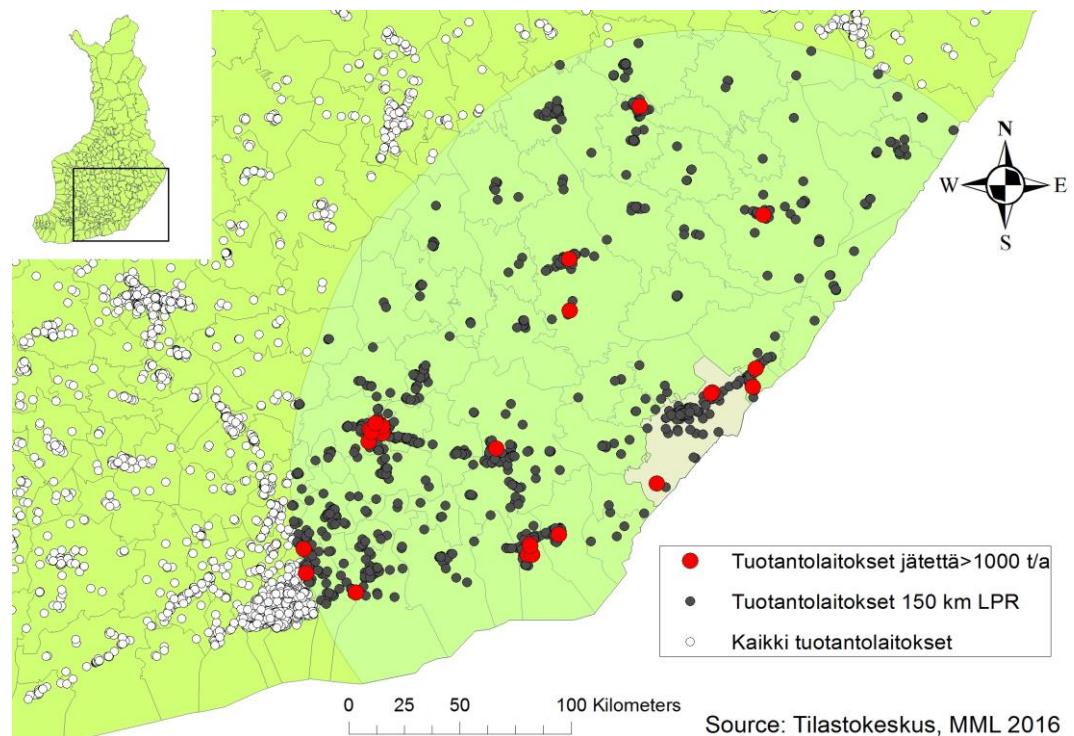
Kiertoliike-projektin *Alueellinen kiertotalousmalli* -työpaketissa ArcGIS-paikkatietojärjestelmällä kasataan Päijät-Hämeen kiertotalousmallille pohjakartta, joka sisältää alueen materiaalivirrat, toimijaverkostot sekä kiertotalouden kehitystarpeet. Informaatiomuotoilua hyödynnetään pohjakartan visualisoinnissa uusien liiketoimintamahdollisuuksien, kuten teollisten symbioosien, havaitsemiseksi. Projektin eteneminen vaikuttaa näin ollen huomattavasti tämän opinnäytetyön tuloksiin.

Kiertotalousmallin lisäksi projektin muita tuotoksia ovat fyysinen ja digitaalinen kierrätysmateriaalikirjasto, muotoiluprojektien prototyypit, palvelu- ja liiketoimintakuvaus täyden palvelun kierrätyskeskukselle sekä toteutussuunnitelma Kujalan massalaitokselle. Näillä demoilla ja piloteilla konkretisoidaan kiertotalouden toimivuutta Päijät-Hämeessä. (Liski, 2016)

Kiertoliike-projektia hallinnoi Lahden ammattikorkeakoulu. Kiertotalous on yksi LAMK:n ympäristöpainoalan kärjistä. Yhteistyökumppaneina projektissa toimivat Lappeenrannan teknillisen yliopiston Lahden yksikkö, Lahden Seudun Kehitys LADEC Oy, Muovipoli Oy ja Lahden Työn Paikka Oy. (Liski, 2016)

Opinnäytetyön aihetta tukee tekijän aikaisempi kokemus ArcGIS-järjestelmästä sekä materiaalivirtojen kartoituksesta. Keväällä 2016 kartoitettiin Ramboll Finland Oy:n kanssa 150 kilometrin säteellä Lappeenrannasta sijaitsevista yrityksistä ne, joilta syntyy sivuvirtoja yli

1000 tonnia vuodessa. Yrityksiä löytyi alueelta 26 kappaletta ja ne on esitetty kuviossa 11.



KUVIO 11. Ramboll Finland Oy:n massavirtaselvitys yrityksistä, joilta syntyy yli 1000 tonnia sivuvirtoja vuodessa

## 6.1 Kartan kokoaminen

Ennen ArcGIS-paikkatietojärjestelmän käyttämistä Excel-  
taulukkolaskentaohjelmaan alettiin luoda taulukkoja, joihin täytettiin  
yritysten materiaalivirta- ja sijaintitietoja. Tärkeimpinä tiedonlähteinä ovat  
toimineet Reiska: Resurssitehokkuuden parantamisella tehoja  
liiketoimintaan -projektin ja MABU – Materiaalien käsittelyllä lisää palveluja  
ja tekniikkaa Päijät-Hämeeseen -hankkeen tulokset ja selvitykset. Myös  
Kiertoliike-projektin yhteistyökumppanit LADEC Oy ja Muovipoli Oy jakavat  
tietoaan kiertotalousmallin edistämiseksi.

Kartan fyysinen kokoaminen alkoi lataamalla ArcGIS-järjestelmään  
Maanmittauslaitoksen avoimista datoista aineistot Suomen kuntajaosta  
sekä tieverkostosta, jonka jälkeen Päijät-Hämeen kunnat erotettiin

itsenäiseksi karttatasoksi. Päijät-Hämeen karttatasolle lisättiin yritykset ja niiden tiedot aikaisemmin kootun Excel-tiedoston kautta. Sijainnit olivat vielä ennen tätä välttämätöntä muuttaa koordinaateiksi, jotta ArcGIS-järjestelmä ymmärtäisi ne. Koordinaatit haettiin Google Maps karttapalvelusta.

Yritysten suuren määrän takia kaikki alle 5 henkilön yritykset sekä yritykset, joilta oletettiin syntyvät alle 1000 kg jätteitä vuodessa, jätettiin lisäämättä kartalle. Excel-tiedostot on lajiteltu sivuvirtojen laadun ja yrityksen toimialaluokituksen mukaan. Tiedoston sisällä yritykset on myös mahdollista lajitella esimerkiksi sivuvirtojen määrän mukaan.

Excel-taulukoissa yritykset on myös värikoodattu. Esimerkiksi keltaiselta pohjalta löytyvät erilaiset rakennusyritykset sekä urakoitsijat ja harmaalta pohjalta betonituotteiden kanssa työskentelevät yritykset. Osa jätteiden laaduista ja määristä löytyi MABU-hankkeen selvityksistä ja yritysten mahdollisista ympäristöluvista, mutta suurin osa jätetiedoista täytyi pyytää suoraan yritykseltä.

	A	B	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
1	Yritys_ ja_ yht	Yrityksen_nimi_tai_toiminimi	Puu	Muovi	Metalli	Betoni	Paperi	Biojäte	Sekajäte	Energijäte	Lietteet	Maat	Tekstiilit	Lasi	SER	Eristevilla	Kipsi
2					5	200				5							
9			750			2500			1250	500						250	500
10									130	1300						13	50
11			1		0,6				0,6	7						2	
12			0,6		3				3	0,6						0,1	
13					60				15	1,5					45		
14			90		90	90			3	9					9		
15					25				25	20					4,5		
16									2000	750	1400			1200			
17								1600		412							
18			8518		136				143	133	107						
19									1750	50							
20									10	45							
21					90	1800				45							
22			50		17				3,5	20							
23					47					19							
24					15					15							
25			12		69				4	11							
26					1				2,5	7							
27					3				1	6							
28			10							5							

KUVIO 12. Excel-taulukko yritysten jätemääristä värikoodein

Kuvio 12 on esimerkki Excel-tiedostoista, joihin yritysten dataa kerättiin. Värikoodaus helpottaa yritysten hahmottamista. Tässä opinnäytetyössä tiedot 413 yrityksestä ja on lajiteltu 24:n Excel-tiedostoon. Jättemäärät kuvaavat tonneja vuodessa.

## 6.2 Kartan hyödyntäminen Kiertoliike-projektissa

ArcMap-materiaalivirtakartta sisältää tietoa Päijät-Hämeestä, sen yrityksistä ja teollisuuslaitoksista. Maantieteellistä dataa kartalta löytyy kuntarajojen ja tieverkoston muodossa. Yritysten ja teollisuuslaitosten raaka-aineiden ja sivuvirtojen laadut sekä määrät ovat tärkein osa kartan dataa. Lisäksi yritysten y-tunnukset, toimialat ja henkilöstömäärät on lisätty datapakettiin. Paikkatietojärjestelmästä löytyy oleellisesti myös yrityksen visuaalinen sijainti kartalta sekä sen koordinaatit ja osoite. Kartta toimii visualisena esityksenä ja tiedonlähteenä projektin toiminnassa. Se on koko ajan päivitettävissä reaaliajassa, kun muutoksia tai uutta tietoa esiintyy.

Päijät-Hämeessä on paljon pk-yrityksiä, joilla olisi mahdollisuus kehittää omaa toimintaansa kiertotalouden avulla. Alueen monipuolinen yrityskanta avaa teollisten symbioosien kannalta monenlaisia mahdollisuuksia. Pk-yritysten voi olla kuitenkin vaikea hahmottaa teollisten symbioosien mahdollisuuksia ja koko kiertotalouden potentiaalia itse, jollei niitä pystytä visualisoimaan heille paremmin. Tämän takia materiaalivirtakartasta seuraa merkittävää lisäarvoa myös Päijät-Hämeen pk-yrityksille.

Materiaalivirta-kartta auttaa Kiertoliike-projektia hahmottelemaan teollisia symbiooseja ja uusia liiketoimintamahdollisuuksia. Sillä voidaan etsiä materiaalivirtojen keskittymiä, jonkin tietyn sivuvirran syntypaikkaa tai yrityksiä, jotka voisivat mahdollisesti hyödyntää jotakin tiettyä sivuvirtaa. Kartta toimii pohjana Päijät-Hämeen kiertotalousmallille ja sitä muokataan lisäämällä siihen uusia visuaalisia ominaisuuksia.

Suuri määrä dataa on kasattu Kiertoliike-projektin käyttöön kartan muodossa. Tämä data mahdollistaa suuremman näkökulman ottamisen sekä tarkemman tarkastelun, kun asiantuntijuutta tarvitaan. Tiedot päijäthämäläisestä yritystoiminnasta ja sen potentiaaleista ovat yksinkertaisessa muodossa selvitettävissä ja esitettävissä. Lisäksi logistista paikkatietoa on kartan avulla saatavissa helposti. Esimerkiksi raaka-ainekuljetuksissa logistinen kannattavuus on erittäin tärkeässä

roolissa ja kartan sekä järjestelmän avulla kannattavuudet ovat laskettavissa.

Tiedon visuaalinen muoto helpottaa sen selittämistä ja esittämistä. 35 % ihmisistä oppii parhaiten näkemällä ja vain 25 % lukemalla (LAO, 2007). Työpajoissa ja muissa esitystilanteissa voidaan kiertotalousmallin avulla havainnollistaa yritysten sijaintia, kokoa, toimialaa, sivuvirtojen määriä ja laatuja sekä tuotannossa käytettäviä materiaaleja. Näiden esittämiseen tarvitaan vain yksi kartta, mikä nopeuttaa ja helpottaa työtä.

## 7 PAIKKATIETOJÄRJESTELMÄN HYÖDYNTÄMINEN KIERTOTALOUDESSA JA PAIKKATIETOANALYYSIT

Paikkatietojärjestelmän edut kiertotaloudelle liittyvät pitkälti teollisen ekologian ideologiaan. Teolliset symbioosit ovat teollisen ekologian keskiössä jätteiden synnyn ja energiankulutuksen minimoinnin kanssa. Tietoisuus materiaalien laaduista ja niiden sijainneista auttaa asiantuntijoita sekä yritysedustajia löytämään ja suunnittelemaan teollisia symbiooseja.

Paikkatietojärjestelmät parantavat myös yritysten mahdollisuuksia löytää omilleen tai muiden jätteille uutta liiketoimintaa. Myös viisaampaa logistiikkaa on mahdollista kehittää paikkatietojärjestelmän avulla, jolloin on mahdollista säästää energiakustannuksissa samalla, kun pienentää CO<sub>2</sub>-päästöjä.

Mitä enemmän tietoa on hankittu resursseista ja yrityksistä, sitä tehokkaampia symbiooseja on mahdollista kehittää.

Paikkatietojärjestelmät soveltuvat tietojen määrittämiseen, muokkaamiseen ja jakamiseen. Opinnäytetyössä aikaisemmin kerätystä datasta, koskien Päijät-Hämeen resursseja ja yrityksiä, suoritettiin paikkatietoanalyysijä ArcGIS-järjestelmällä.

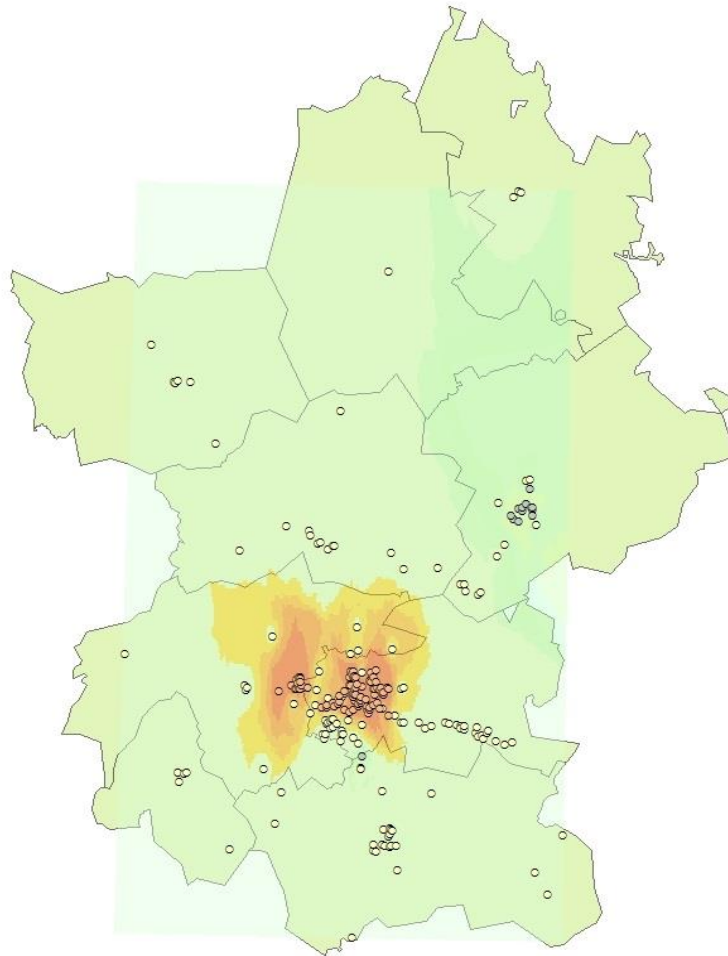
### 7.1 Teollisten symbioosien löytäminen ja tehostaminen

Vaatteita ja kodintekstiilejä kulutetaan Suomessa noin 70 000 t vuodessa niiden lopuksi kulkeutuen polttoon tai kaatopaikalle (SYKE, 2013). Orgaanisen jätteen kaatopaikkakiellon vuoksi tekstiilijätettä ei voi enää viedä kaatopaikalle (Finlex, 2016). Tämä koko Suomen laajuinen megatrendi avaa markkinat tekstiilijätteen hyödyntämiselle. Lisäksi Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus VTT on vasta julkaissut kehittämänsä selluloosan liuotusmenetelmän, jonka avulla käyttöön soveltumattomista puuvillatekstiileistä on mahdollista valmistaa uutta kuitua tekstiiliteollisuudelle. Uusi valmistustapa säästää vesijalanjäljessä 70 % ja

hiilijalanjäljessä 40–50 % verrattuna neitseellisen puuvilla käyttöön (VTT, 2015).

Ennen VTT:n teknologiaa hyödyntävän laitoksen perustamista olisi syytä ottaa selvää raaka-ainekeskittymien sijainneista. Koko Suomen materiaalivirrat kattavalla paikkatietojärjestelmällä optimaaliset sijainnit olisi helppo ja nopea rajata. Näin paikkatietojärjestelmien hyödyntäminen auttaisi synnyttämään uutta liiketoimintaa ja kehittämään entistä tehokkaampia symbiooseja.

Kiertoliike-projektin kiertotalousmallille suoritettiin hotspot-analyysi, joka kertoo joko kyseisen datan pisteiden, tässä tapauksessa yritysten, tai jonkin tietyn ominaisuusdatan keskittymät. Kuvion 13 esimerkissä Päijät-Hämeen yrityskeskittymät on esitetty hotspot-analyysin ja DWG-työkalun avulla. Hotspot-analyysi suoritti yrityksille analyysin, jonka seurauksena jokainen piste sai GI-bin arvon sekä sitä kuvaavan värin. Suurimmat GI-bin arvot omaavat yritykset sijaitsevat yrityskeskittymien ytimissä ja saivat punertavan värin. DWG-työkalun avulla pohjakartan päälle muodostettiin transparentti kerros, jonka väri on suhteutettu yritysten GI-bin arvoihin. Näin yrityskeskittymien alueet on mahdollista esittää värein.



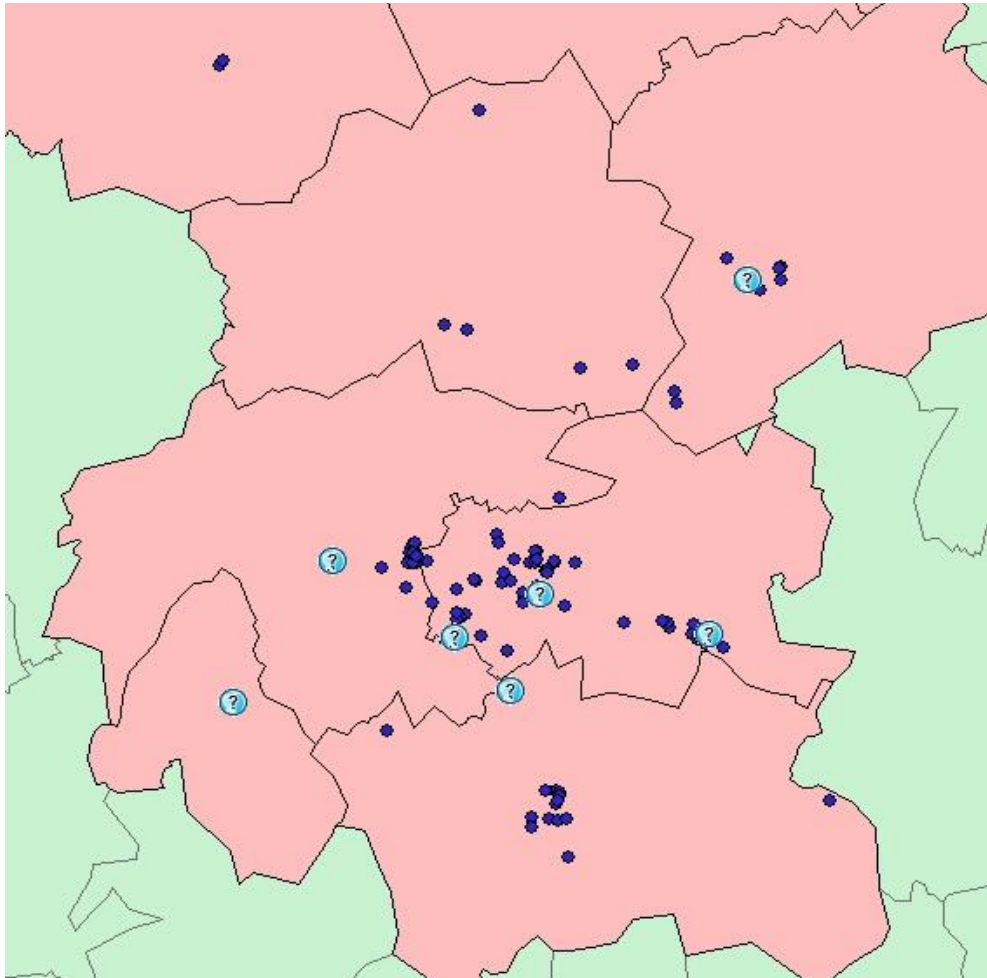
KUVIO 13. Päijät-Hämeen yrityskeskittymät Hotspot-analyysin ja DWG-työkalun avulla laskettuna ja visualisoituna

Päijät-Hämeestä löytyy Hotspot-analyysin perusteella kaksi yrityskeskittymää: Hollola sekä Lahti. Tässä esimerkissä ei otettu yritysten ominaisuustietoja huomioon. Analyysi olisi ollut myös mahdollista suorittaa mille tahansa ylijäämäjakeelle tai vaikka yritysten henkilöstömäärille. Tällöin olisi ollut mahdollista selvittää esimerkiksi Päijät-Hämeen metallintuotantokeskittymät.

Location-allocation -analyysi on hotspot-analyysiä laajempi toiminto, vaikkakin se on vain yksi osa network-työkalua. Samalla sen käyttäminen edellyttää enemmän dataa sekä tietotaitoa verrattuna Hotspot-analyysiin. Analyysin avulla voidaan laskelmoida sekä analysoida kysynnän ja tarjonnan kohtaamista tietyllä alueella. Käytännössä voidaan esimerkiksi

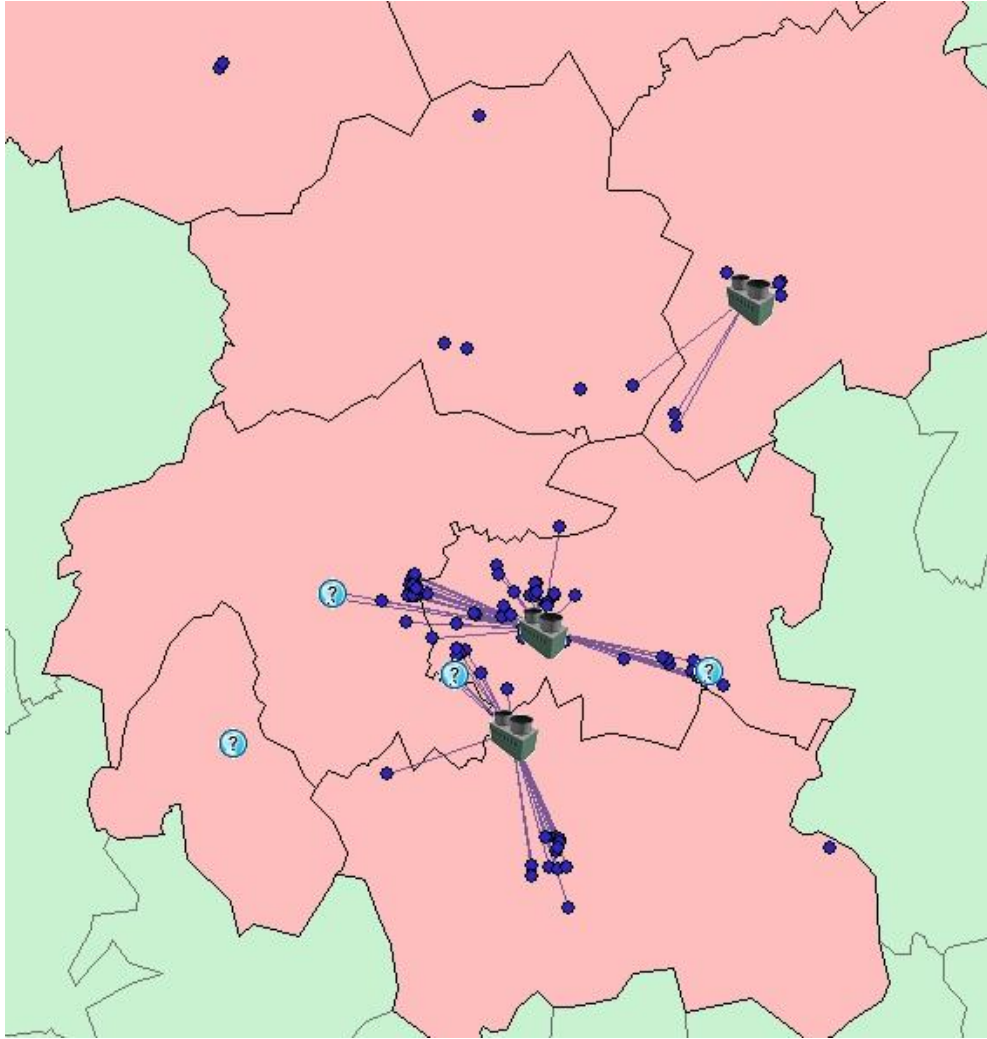


selvittää ihanteellinen sijainti uudelle tuotantolaitokselle mahdollisimman läheltä raaka-aineiden synnyinsijaa tai asiakkaita.



KUVIO 14. Päijät-Hämeen metallialan yrityksiä esitettynä tummansinisillä sekä vapaita laitostiloja esitettynä vaaleansinisillä täplillä

Location-allocation -työkalun avulla suoritettiin demonstraatio, joka on esitetty kuvioissa 14 ja 15. Kuvio 14 esittää alkutilanteen, jossa metallialan yrityksiä kuvataan tummansinisillä ja vapaita laitostiloja vaaleansinisillä täplillä. Kuviteltuna ongelmana oli ”Mitkä 3 laitostilaa tulisi valita, jotta mahdollisimman moni raaka-aineiden tuottaja (metallialan yritykset) olisi alle 20 kilometrin säteellä ainakin yhdestä laitoksesta?”. Location-allocation –analyysi laski 3 optimaalisinta laitostilaa ja havainnollisti viivoilla etäisyydet laitoksiin, jotka sijaitsivat kysytyllä alueella. Tulokset on esitetty kuviossa 15.

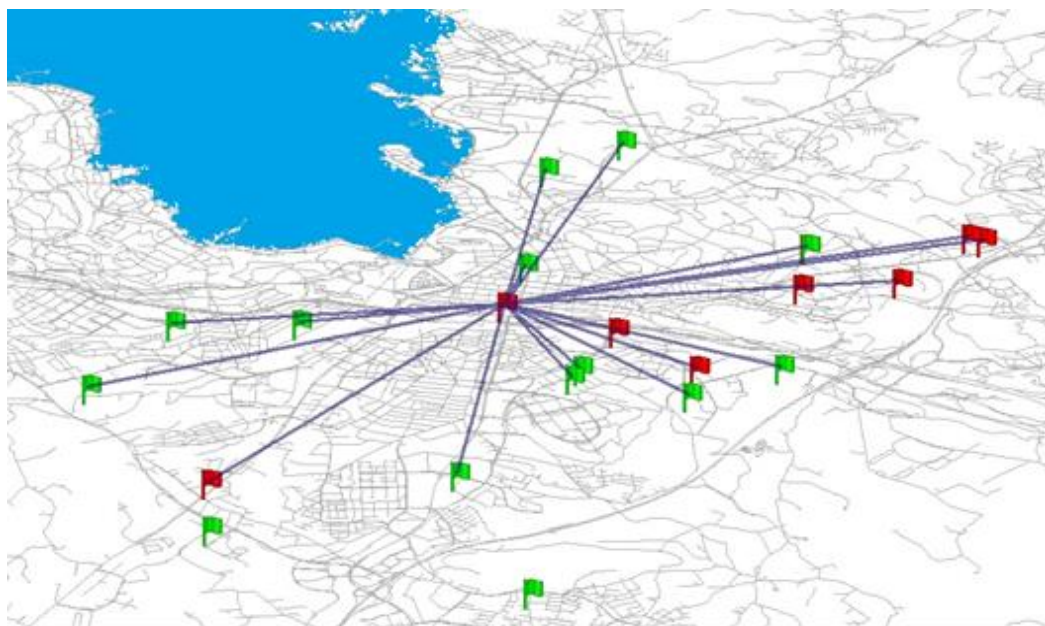


KUVIO 15. Location-Allocation -työkalun tulokset

## 7.2 Logistiikan kehittäminen

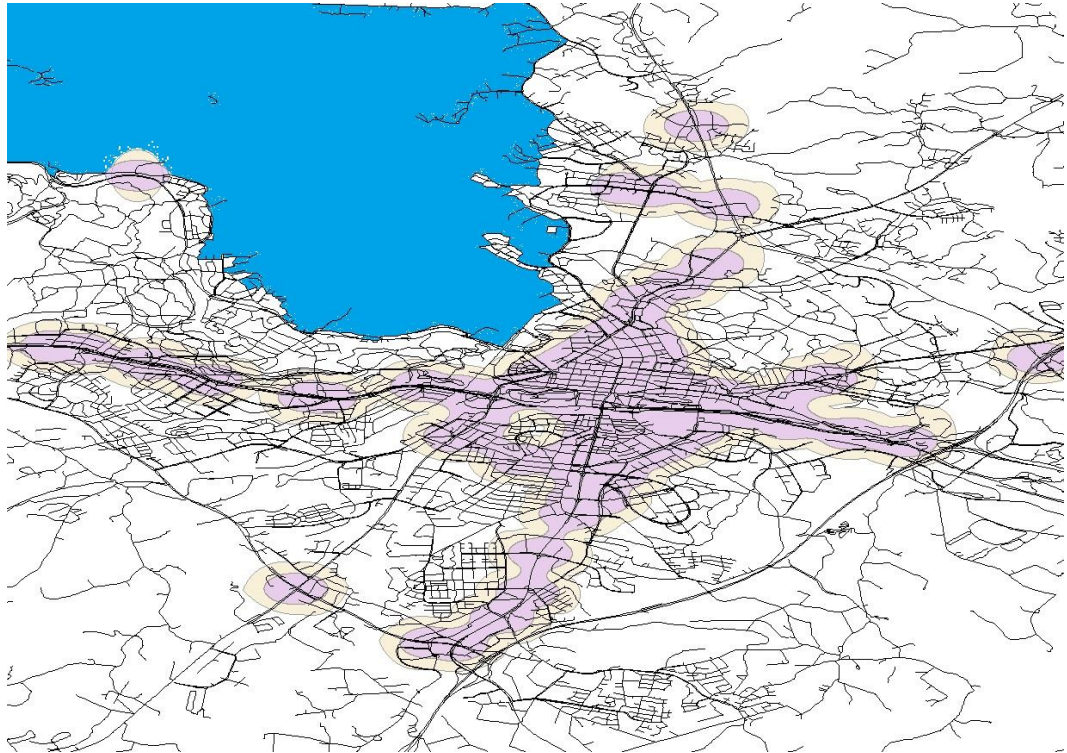
Paikkatietoanalyysien avulla voidaan tutkia myös logistiikkaa. Toimiva logistiikka palvelee niin yrityksiä kuin ympäristöäkin. Viisaampi polttoaineenkulutus pienentää kuluja logistiikkayrityksiltä sekä raaka-aineen tuottajilta ja lisäksi pienentää liikenteen päästöjä. Materiaalivirtojen hallinta vaatii osaltaan myös vastuuta. Muuttuvasta ympäristöstä, materiaalivirroista sekä riskianalysistä täytyy olla käsillä reaaliaikaista

tietoa, jotta virtojen hallinta olisi tehokasta sekä turvallista. (ESRI, 2016b)



KUVIO 16. Lahden seudun muovijätettä tuottavat yritykset ja sijaintiehdotus logistisesti kannattavimmalle muovilajittelu-yhtymälle

Kuviossa 16 ArcMap-ohjelmalla rakennetulla kartalla esitetään Lahden seudun muovialan yritykset (punaiset liput) sekä muovijätettä tuottavat yritykset (vihreät liput). Location-Allocation -analyysillä on laskettu paras mahdollinen sijainti muovilajittelu-yhtymälle. Määrittelyehtoina olivat; lajittelu-yhtymä on helpompi sekä viisaampi sijoittaa jonkin jo valmiiksi olemassa olevan muovialan yrityksen yhteyteen ja yhtymän tulee sijaita vähintään 5 kilometrin säteellä mahdollisimman monesta muovialan tai muovijätettä tuottavasta yrityksestä. Paras mahdollinen sijainti on kuvion keskellä sijaitseva punainen lippu, josta tieverkostoa pitkin alle 5 kilometrin säteellä sijaitsevat sekä hakuehdot täyttävät yritykset on mallinnettu sinisin viivoin.



KUVIO 17. Buffer-työkalulla on korostettu liikennevaloristeyksien sijainteja Lahden seudulla

Buffer-työkalulla visualisoitiin liikennevaloristeyksien sijainnit ja ne on esitetty kuviossa 17. Työkalulla piirrettiin ensimmäiseksi 3 kilometrin violetti kehä jokaiseen liikennevaloristeykseen. Tämän jälkeen visualisointia vahvistettiin lisäämällä toinen bufferi 2 kilometrin säteelle violetista bufferista. Olettamalla liikennevalojen sijaitsevan ruuhkaisimmilla alueilla tai itse aiheuttavan ruuhkia, on näin saatu korostettua Lahden seudun ruuhkaisimmat alueet. Dataa hyödyntämällä logistiikan suunnittelussa on mahdollista välttää rekkojen tyhjäkäyntiä ja säästää aikaa.

Liikennevirasto tarjoaa avointa dataa suoraan ruuhkaisimmista teistä. Se data ei ole kuitenkaan kovin yksityiskohtaisesti rakennettu vaan kattaa useimmissa kaupungeissa vain suurimmat tiet. Näin ollen Liikenneviraston data on parempi pidempien matkojen ruuhkasuunnitteluun.

## 8 YHTEENVETO

Kiertotalous on jo käsillä, vaikkei se olekaan kaikille tuttu termi. Kun vertaamme toimintaamme 100 vuotta sitten yleisessä käytössä olleisiin normeihin, voisimme puhua jo elävämme kiertotalous-aikakaudella. Jokapäiväisessä elämässämme esiintyy kiertotalous-elementtejä. Yksi näistä on esimerkiksi pullonpalautusjärjestelmämme.

Suomessa alumiinitölkkien palautusaste on 95 %. Kaiken palautetun materiaalin voi käyttää uusien tölkkien valmistukseen. Kierrätystölkeistä valmistettu tölkki vaatii 5 % siitä energiasta, jonka neitsytmateriaaleista valmistettu vaatii. Uudelleentäytettävien lasipullojen palautusaste on puolestaan 98 %, ja ainoa toimenpide ennen pullojen täyttöä on niiden pesu (Palpa, 2016). Näin ollen Suomen palautuspullojärjestelmä säästää tölkkien tuotannossa kokonaisuudessaan noin 90 % energiaa verrattuna pelkän neitsytalumiinin käyttöön. Lasipulloissa energiansäästö on oletettavasti vielä suurempi.

Kun yritysten tuotannoista syntyy väistämättömästi itselle hyödyntämiskelvotonta sivuvirtaa, tulisi yrityksellä olla suunniteltuna sille toisen asteen käyttötarkoitus oman tuotannon ulkopuolelta. Yritykset saavat näin helpotuksia jätekustannuksiinsa, aivan kuten asiakkaat saavat itselleen pantin palauttamalla heille itselleen hyödyttömän pullon tai tölkin. Joissakin tilanteissa jäte voi olla jollekin muulle yritykselle niin resurssi- ja energiatehokasta, että sen ohjaamisesta uuteen käyttötarkoitukseen saa jopa maksun. Näin jätteiden uusiokäyttö luo myös uutta ekonomista hyötyä ja liiketoimintaa ympäristönsuojelun ohella.

Ilmastonmuutosta vastaan taisteltaessa muutos kulutuskäyttäytymisessä on tietysti epämiellyttävää. Sen takia vihreän talouden tukeminen hallituksen tasolta on välttämätöntä. Vihreän talouden kehityksen kannalta on tärkeää tukea puhtaiden tekniikoiden käyttöönottoa sekä talouden irtikytkentää haitallisista ympäristövaikutuksista. Kiertotalouden läsnäoloa on lisättävä, vaikkakin se tarkoittaa joillekin yrityksille markkinoiden pienenemistä. Kiertotalous synnyttää kuitenkin uutta taloudellista

aktiviteettia, kuten tuotteiden huollettavuutta ja materiaalikiertoihin liittyvää liiketoimintaa, jotka kompensoivat menetettyjä liiketoimia. Kiertotalouden mallilla myös työpaikkojen pitäminen kotimaassa helpottuu. (Seppälä, 2016)

Johtopäätöksenä voidaan siis todeta kiertotalouden olevan täällä jo nyt. Sen haasteisiin on vastattava nopeasti ja tehokkaasti.

Paikkatietojärjestelmien hyödyntäminen teollisessa liiketoiminnassa on yksi tapa liittyä mukaan edistämään maailmanlaajuisia kiertotalous-ilmiötä. Tässä opinnäytetyössä suoritettujen esimerkkien avulla ollaan määritetty tapoja, joilla paikkatietojärjestelmiä olisi mahdollista hyödyntää juuri Suomen taloudessa. Näin kiertotalouden poluin tavallisesta taloudesta on mahdollista siirtyä kohti vihreää taloutta.

Aikaisemmin mainitussa Euroopan komission kiertotalous-konferenssissa ideoitiin tapoja, joilla helpottaa Euroopan siirtymistä kiertotalouteen.

Teollisuuden sivutuotteiden kysynnän ja tarjonnan kohtaamiseksi ilmeni tarve informaatioverkostosta. Tiedot materiaalivirroista ja niiden laaduista tulisi löytyä yhdestä paikasta. Lisäksi kierrätysmateriaaleille tarvitaan yhtenäiset standardit laatujen suhteen. Kierrätettävien ja neitsytmateriaalien ominaisuudet sekä sijainti olisi hyvä olla löydettävissä yhtenäisestä tietokannasta. Lisäksi kaiken ylijäämämateriaaleihin liittyvän toiminnan tulisi olla liiketaloudellisesti mahdollisimman läpinäkyvää. (European Commission, 2015b)

Tässä työssä esitelty Päijät-Hämeen materiaalivirta-kartta on malli Euroopan komission kaipaamasta verkostosta. Sen lisäksi, että paikkatietojärjestelmät on suunniteltu tiedon kasaamiseen ja säilyttämiseen, on niillä mahdollista esittää tieto erittäin helposti ymmärrettävässä muodossa. Paikkatietojärjestelmät vastaavat monipuolisuudellaan Euroopan komission kuvitellulle tietokannalle asetettuja tavoitteita.

Karttaa on mahdollista ja täytyy kuitenkin vielä kehittää, jotta se voisi olla millään tavalla merkittävä. Esimerkiksi koko Etelä-Suomen

materiaalivirtojen lisääminen jätteitä ja raaka-aineita myöten kartalle kasvattaisi sen hyödyntämismahdollisuuksia ja näkyvyyttä moninkertaisesti.

Paikkatietojärjestelmät mahdollistavat suurien tietomäärien käsittelyn sekä hyväksyvät hyvin monenlaista tietoa kuvista tekstiin. Lisäksi paikkatietojärjestelmät ovat reaaliajassa päivitettäviä, ja niillä rakennetut kartat saadaan tarvittaessa jaettua laajan yhteisön käyttöön. Ne mahdollistaisivat halutun tietokannan rakentamisen, mikä tietenkin vaatisi resursseja. Tämä tarkoittaa rahallista tukea ja mahdollisesti myös hankealoitteita.

Euroopan komission kiertotalouspaketin jätelainsäädäntöä koskeviin ehdotuksiin kuuluu muun muassa, että ”*esitetään konkreettisia toimenpiteitä, joilla edistetään uudelleenkäyttöä ja teollista symbioosia, jolloin yhden toimialan sivutuotteesta voi tulla toisen toimialan raaka-ainetta*” (European Commission, 2015a). Suomen valtioneuvoston kiertotalous-aiheisen kärkihankkeen 4. toimenpiteessä on tarkoituksena suunnata julkista tutkimus- ja innovaatorahoitusta puhtaiden ratkaisujen kehittämiseen (Valtioneuvosto, 2016). Näin voisi siis kuvitella, että rahoituksen saaminen tämänkaltaisille teollisia symbiooseja edesauttaville innovaatioille olisi mahdollista.

Tässä opinnäytetyössä haalittuja kokemuksia on mahdollista käyttää apuna uuden verkoston tai palvelun luomiseen. Vastaavanlaisia työkaluja ei ole rakennettu vielä monia, jonka vuoksi mistään aineistosta ei haettu esimerkkiä suunniteltaessa. Kartan rakentamiseen valmensi tekijän aikaisempi kokemus ArcGIS-järjestelmästä sekä itseopiskelu Youtube-videoiden avulla. Karttaa muokattiin pitkälti vain lisäämällä uutta tietoa vanhojen joukkoon sekä kokeilemalla mikä toimii ja mikä ei. Taka-askeliakin täytyi jossakin kohtaa ottaa, mikä on tietysti ymmärrettävää kokemusperäiselle rakentamiselle. Työssä on ollutkin taka-ajatuksen löytää toimivia malleja, joiden pohjalta valtakunnallisia tai jopa kansallisia kiertotalousmalleja lähdetäisiin tulevaisuudessa suunnittelemaan.

## LÄHDELUETTELO

ArcGIS. 2016. Frontpage. [Viitattu: 3. Elokuu 2016.] Saatavissa: <https://www.arcgis.com/features/index.html>.

ArcGIS. 2016. Solutions. [Viitattu: 2. Elokuu 2016.] Saatavissa: <http://solutions.arcgis.com/>.

Biomimicry Institute. 2015. What Is Biomimicry?. [Viitattu: 25. Heinäkuu 2016.] Saatavissa: <https://biomimicry.org/what-is-biomimicry/#.V5Wy2ObkXR8>.

Braga, Brannon. 2014. *Cosmos a Spacetime Odyssey*. Cosmos Studios, 2014.

Carlsberg Group. 2016a. Carlsberg Circular Community. [Viitattu: 25. Heinäkuu 2016.] Saatavissa: <http://www.carlsberggroup.com/media/PressKits/CarlsbergCircularCommunity/Pages/CarlsbergCircularCommunity.aspx>.

Carlsberg Group. 2016b. The Green Fiber Bottle. [Viitattu: 25. Heinäkuu 2016.] Saatavissa: <http://www.carlsberggroup.com/sustainability/stories/Pages/TheGreenFiberBottle.aspx>

Cerasis. 2016. [Viitattu: 25. Heinäkuu 2016.] Saatavissa: <http://i1.wp.com/cerasis.com/wp-content/uploads/2014/02/what-is-reverse-logistics.jpg?fit=596%2C320>

Clift, Roland ja Druckman, Angela. 2016. *Taking Stock of Industrial Ecology*. s.l. : Springer International Publishing, 2016.

Corporate Ecoforum. 2015. EcoInnovator Blog. [Viitattu: 22. Heinäkuu 2016.] Saatavissa: <http://www.corporateecoforum.com/closing-the-loop-getting-started-on-the-circular-journey/>.



Ellen McArthur Foundation. 2015b. Building Blocks of a Circular Economy. [Viitattu: 7. Heinäkuu 2016.] Saatavissa:

<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/building-blocks>.

Ellen McArthur Foundation. 2015a. Circular Economy Overview. [Viitattu: 20. 7 2016.] Saatavissa:

<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/overview/concept>.

Ellen McArthur Foundation. 2015c. Schools Of Thought. [Viitattu: 21. heinäkuu 2016.] Saatavissa:

<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/schools-of-thought/>.

ESRI. 2016. What is GIS? [Viitattu: 2. Elokuu 2016.] Saatavissa:

<http://www.esri.com/what-is-gis>.

European Comission. 2015b. Key messages from split-up sessions.

[Viitattu: 22. heinäkuu 2016.] Saatavissa:

<http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/splitup%20sessions%20key%20messages.pdf>.

European Comission. 2015a. Press Release Database. [Viitattu: 19.

Heinäkuu 2016.] Saatavissa: [http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-15-6203\\_fi.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-15-6203_fi.htm).

FISS. 2016. Envi Grow Park. [Viitattu: 1. Elokuu 2016.] Saatavissa:

<http://teollisetsymbioosit.fi/envi-grow-park>.

FISS. 2016. Mikä on FISS ja teollinen symbioosi? [Viitattu: 28. Heinäkuu

2016.] Saatavissa: <http://teollisetsymbioosit.fi/mika-on-fiss-ja-teollinen-symbioosi>.

G2 Crowd. 2016. Best GIS Software. [Viitattu: 1. Syyskyy 2016.]

Saatavissa: <https://www.g2crowd.com/categories/gis>.

Greenbiz. 2015. Article. *Defining circular economy beyond recycling material reuse*. [Viitattu: 20. 7 2016.] Saatavissa:

<https://www.greenbiz.com/article/defining-circular-economy-beyond-recycling-material-reuse>.

IISD. 2013. BSD global. [Viitattu: 2. Elokuu 2016.] Saatavissa:

<https://www.iisd.org/business/viewcasestudy.aspx?id=77>.

Kalundborg Symbiosis. 2016. Frontpage. [Viitattu: 2. Elokuu 2016.]

Saatavissa: <http://www.symbiosis.dk/en>.

Karttakeskus. 2016. Paikkatieto. [Viitattu: 18. Heinäkuu 2016.] Saatavissa:

<http://www.karttakeskus.fi/paikkatieto/>.

LAO. 2007. Havaintokanavat [Viitattu: 11. Elokuu 2016.] Saatavissa:

<http://www.lao.fi/loader.aspx?id=8391c095-9d04-4648-b4d2-859cc0e540c3>.

Liski, Minna. 2016. Suunnittelija. *Hankehakemus*. 2016.

McDonough, William ja Braungart, Michael. 2013. *The Upcycle*. New York : North Point Press, 2013.

McKinsey. 2016. Growth Within: A Circular Economy Vision For A Competitive Europe. [Viitattu: 22. Heinäkuu 2016.] Saatavissa:

[https://www.mckinsey.de/files/growth\\_within\\_report\\_circular\\_economy\\_in\\_europe.pdf](https://www.mckinsey.de/files/growth_within_report_circular_economy_in_europe.pdf).

MISTRA. 2016. Seven masters thesis projects on circular economy.

[Viitattu: 20. heinäkuu 2016.] Saatavissa:

[https://www.chalmers.se/SiteCollectionDocuments/Energi%20och%20milj%C3%B6/ESA/M.sc\\_Seven%20masters%20thesis%20projects%20on%20circular%20economy%20solutions%20within%20MistraREES-160112.pdf](https://www.chalmers.se/SiteCollectionDocuments/Energi%20och%20milj%C3%B6/ESA/M.sc_Seven%20masters%20thesis%20projects%20on%20circular%20economy%20solutions%20within%20MistraREES-160112.pdf).

Motiva. 2016. Esimerkki teollisen ekologian soveltamisesta. *NISP-ohjelma*.

[Viitattu: 28. Heinäkuu 2016.] Saatavissa:

[http://www.motiva.fi/toimialueet/teolliset\\_sybioosit/esimerkki\\_teollisen\\_ekologian\\_soveltamisesta\\_nisp-ohjelma](http://www.motiva.fi/toimialueet/teolliset_sybioosit/esimerkki_teollisen_ekologian_soveltamisesta_nisp-ohjelma).

Myrtle Beach Live. 2016. [Viitattu: 3. Elokuu 2016.] Saatavissa: <http://www.myrtlebeachlive.com/>.

NASA. 2015. [Viitattu: 25. Heinäkuu 2016.] Saatavissa: <http://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/>

Peda. 2016. Yhteyttämisen opettelu. [Viitattu: 15. Elokuu 2016.] Saatavissa: [https://peda.net/ohjeet/oppimateriaalit/eoppi/Biologia\\_maantieto\\_5\\_6/metsat/puut\\_tuottajia/yo](https://peda.net/ohjeet/oppimateriaalit/eoppi/Biologia_maantieto_5_6/metsat/puut_tuottajia/yo).

Product Life Institute. 2013. Performance Economy. [Viitattu: 25. Heinäkuu 2016.] Saatavissa: <http://www.product-life.org/en/major-publications/performance-economy>.

Regenerative Leadership Institute. 2012. What is Regenerative Design. [Viitattu: 26. Heinäkuu 2016.] Saatavissa: <https://www.regenerative.com/regenerative-design>.

Rocky Mountain Institute. 2016. Natural Capitalism. [Viitattu: 25. Heinäkuu 2016.] Saatavissa: <http://www.rmi.org/Natural++Capitalism>.

Seppälä, Jyri. 2016. Kiertotalous Suomessa – toimintaympäristö, ohjauskeinot ja mallinnetut vaikutukset vuoteen 2030. [Viitattu: 17. Elokuu 2016.] Saatavissa: [http://tietokayttoon.fi/documents/10616/2009122/25\\_Kiertotalous+Suomessa.pdf/5a942ae7-9ec8-4b54-a079-f99c8ba2f8f1?version=1.0](http://tietokayttoon.fi/documents/10616/2009122/25_Kiertotalous+Suomessa.pdf/5a942ae7-9ec8-4b54-a079-f99c8ba2f8f1?version=1.0).

Sitra. 2016b. Ekologia. *Kiertotalous*. [Viitattu: 18. Heinäkuu 2016.] Saatavissa: <http://www.sitra.fi/ekologia/kiertotalous>.

SITRA. 2016. Sitran toiminta. [Viitattu: 28. Heinäkuu 2016.] Saatavissa: <http://www.sitra.fi/sitra/sitran-toiminta>.

- SITRA. 2016a. Uutta liiketoimintaa teollisilla symbiooseilla. [Viitattu: 30. Elokuu 2016.] Saatavissa: <http://www.sitra.fi/ekologia/teolliset-symbioosit>.
- St1. 2016. Uutistiedotteet. [Viitattu: 10. Elokuu 2016.] Saatavissa: <http://www.st1.fi/uutiset/tiedotteet/13145>.
- Sitra. 2016c. [Viitattu: 25. Heinäkuu 2016.] Saatavissa: <http://www.sitra.fi/artikkelit/kiertotalous/lausunto-kierto-kuntoon-selvitykseen>
- Tekes. 2015. Sitra ja Tekes aloittavat käytännön työn kiertotalouden ratkaisujen parissa. [Viitattu: 28. Heinäkuu 2016.] Saatavissa: <http://www.tekes.fi/nyt/uutiset-2015/sitra-ja-tekes-aloittavat-kaytannon-tyon-kiertotalouden-ratkaisujen-parissa/>.
- The Division of Sustainable Development. 2013. Blue Economy Concept Paper.[Viitattu: 22. heinäkuu 2016.] Saatavissa: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/2978BEconcept.pdf>.
- The Product Life Institute. 2013. The Performance Economy - a way towards economic and societal stability? [Viitattu: 25. Heinäkuu 2016.] Saatavissa: [https://www.surrey.ac.uk/ces/files/pdf/Walter\\_Stahel\\_presentation.pdf](https://www.surrey.ac.uk/ces/files/pdf/Walter_Stahel_presentation.pdf).
- Valtioneuvosto. 2016. Hallitusohjelman toteutus. *Biotalous ja puhtaat ratkaisut*. [Online] 2016. [Viitattu: 28. Heinäkuu 2016.] <http://valtioneuvosto.fi/hallitusohjelman-toteutus/biotalous/karkihanke3>.
- Vesseli. 2016. Paikkaoppi. [Online] 2016. [Viitattu: 2. Elokuu 2016.] <http://www.vesseli.fi/paikkaoppi/abc.htm>.
- VTT. 2016. [Viitattu: 25. Heinäkuu 2016.] Saatavissa: [http://tietokayttoon.fi/documents/10616/2009122/25\\_Kiertotalous+Suomessa.pdf/5a942ae7-9ec8-4b54-a079-f99c8ba2f8f1?version=1.0](http://tietokayttoon.fi/documents/10616/2009122/25_Kiertotalous+Suomessa.pdf/5a942ae7-9ec8-4b54-a079-f99c8ba2f8f1?version=1.0)

Worldometers. 2016. Current World Population. [Viitattu: 30. Elokuu 2016.] Saatavissa: <http://www.worldometers.info/world-population/>.

WWF. 2016. Viestintä. [Viitattu: 30. Elokuu 2016.] Saatavissa: <http://wwf.fi/wwf-suomi/viestinta/uutiset-ja-tiedotteet/Maailman-ylikulutuspaiva-on-tanaan---jos-kaikki-kuluttaisivat-kuin-suomalaiset--tarvittaisiin-3-4-maapalloa-2837.a>.

Youtube. 2016. [Viitattu: 25. Heinäkuu 2016.] Saatavissa: [https://www.youtube.com/watch?v=\\_i\\_SNi5AF](https://www.youtube.com/watch?v=_i_SNi5AF)

Zhu, Qinghua;ym. 2007. Industrial Symbiosis in China. *A Case Study of the Guitang Group*. [Viitattu: 11. Elokuu 2016.] Saatavissa: [https://www.researchgate.net/profile/Qinghua\\_Zhu/publication/227670637\\_Industrial\\_Symbiosis\\_in\\_China\\_A\\_Case\\_Study\\_of\\_the\\_Guitang\\_Group/links/551345e60cf23203199bb21a.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Qinghua_Zhu/publication/227670637_Industrial_Symbiosis_in_China_A_Case_Study_of_the_Guitang_Group/links/551345e60cf23203199bb21a.pdf).