

Magnus Simons, Juha Honkatukia, Riina Antikainen,  
Ilkka Hippinen, Tiia Merenheimo, Jere Lehtomaa, Petrus Kautto, Markku Mikkola, Sarianne Tikkanen, Hanna Salmenperä

## Taloudelliset ohjauskeinot kiertotalouden arvoketjuissa

Elokuu 2018

Valtioneuvoston selvitys-  
ja tutkimustoiminnan  
julkaisusarja 54/2018

# KUVAILULEHTI

<b>Julkaisija ja julkaisu-aika</b>	Valtioneuvoston kanslia, 31.08.2018		
<b>Tekijät</b>	VTT: Magnus Simons, Jere Lehtomaa, Markku Mikkola SYKE: Riina Antikainen, Petrus Kautto, Sarianne Tikkanen, Hanna Salmenperä MOTIVA: Ilkka Hippinen, Tiia Merenheimo Merit Economics: Juha Honkatukia		
<b>Julkaisun nimi</b>	Taloudelliset ohjauskeinot kiertotalouden arvoketjuissa		
<b>Julkaisusarjan nimi ja numero</b>	Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 54/2018		
<b>Asiasanat</b>	Kiertotalous, taloudelliset ohjauskeinot, arvoketju, taloudellinen mallintaminen		
<b>Julkaisun osat/ muut tuotetut versiot</b>			
<b>Julkaisu-aika</b>	Elokuu 2018	<b>Sivuja</b> 48	<b>Kieli</b> Suomi

## Tiivistelmä

Luonnonvarojen yhä kiihtyvä käyttö on johtanut monenlaisiin ympäristöhaasteisiin. Tilanteen kärjistymisen syynä nähdään pitkälti vallalla oleva nykyinen ota, valmista, hävitä -talousjärjestelmä, joka perustuu helposti saatavilla olevien ja edullisten materiaalien ja energian mittavaan käyttöön. Poliittisessa ja tiedeellisessä keskustelussa korostetaan tarvetta siirtyä kiertotalouteen, jossa raaka-aineita, materiaaleja ja tuotteita kierrätetään ja uudelleenkäytetään mahdollisimman kauan.

Kiertotalouden taloudelliset ohjauskeinot (KIMAT) –hankkeessa on tarkasteltu, miten taloudellisin ohjauskeinoin voidaan edesauttaa kiertotalouden kehitystä Suomen kannalta keskeisessä arvoketjussa. Hankkeessa on kartoitettu mahdollisia taloudellisia ohjauskeinoja Suomesta ja kansainvälisesti, hankittu tietoa arvoketjujen kiertotalouspotentiaalista ja mahdollisista kiertotaloustoimista, kartoitettu ohjauskeinojen kehitystarpeita yrityshaastattelujen kautta ja mallinnettu arvoketjujen mahdollisuuksia Suomen kansantalouden tasolla.

Kiertotalouden periaatteita ja toimintatapoja on jo monelta osin toteutettu Suomessa. Kiertotaloudessa taloudellinen potentiaali jakautuu usein ohuisiin virtoihin ja varantoihin, ja ohjauksen haaste on löytää keinoja niiden hyödyntämiseen. Isot volyymit eivät yksinään riitä muodostamaan taloudellista potentiaalia. Tarvitaan myös lisäarvoa. Tähän voidaan vaikuttaa taloudellisin ohjauskeinoin. Nykyiset ohjauskeinot ovat monella alueella tehokkaita, mutta lisätoimia tarvittaisiin erityisesti tuotteiden pitämiseksi kierrossa mahdollisimman pitkään mm. ylläpidon, uudelleenkäytön ja uudelleenvalmistuksen keinoin. Lisäksi kiristytävät odotukset ja poliittiset tavoitteet haastavat kehittämään niitä uudelle tasolle. Taloudellisen ohjauksen rinnalla tarvitaan myös muunlaista ohjausta.

Tämä julkaisu on toteutettu osana valtioneuvoston vuoden 2017 selvitys- ja tutkimussuunnitelman toimeenpanoa (tietokayttoon.fi).

Julkaisun sisällöstä vastaavat tiedon tuottajat, eikä tekstisisältö välttämättä edusta valtioneuvoston näkemystä.

# PRESENTATIONSBLAD

<b>Utgivare &amp; utgivningsdatum</b>	Statsrådets kansli, 31.08.2018		
<b>Författare</b>	VTT: Magnus Simons, Jere Lehtomaa, Markku Mikkola SYKE: Riina Antikainen, Petrus Kautto, Sarianne Tikkanen, Hanna Salmenperä MOTIVA: Ilkka Hippinen, Tiia Merenheimo Merit Economics: Juha Honkatukia		
<b>Publikationens namn</b>	Ekonomiska styrmedel i cirkulära ekonomins värdekedjor		
<b>Publikationsseriens namn och nummer</b>	Publikationsserie för statsrådets utrednings- och forskningsverksamhet 54/2018		
<b>Nyckelord</b>	Cirkulär ekonomi, ekonomiska styrmedel, värdekedja, ekonomisk modellering		
<b>Publikationens delar /andra producerade versioner</b>			
<b>Utgivningsdatum</b>	Augusti, 2018	<b>Sidantal</b> 48	<b>Språk</b> Finska

## Sammandrag

En allt större användning av naturresurser har lett till ett brett spektrum av miljöutmaningar. Orsaken till en ytterligare upptrappning av situationen anses till stor del bero på det rådande tag, producerade, kassera-ekonomisystemet, som bygger på omfattande användningen av lätt tillgängliga och billiga material och energi. Idag understryker den politisk och vetenskaplig debatten behovet av att övergå till en cirkulär ekonomi, där råvaror, material och produkter cirkuleras och återanvändas så länge som möjligt.

I Ekonomiska styrmedel för cirkulär ekonomi (KIMAT) -projektet undersöktes hur de ekonomiska styrmedlen bidrar till utvecklingen av en cirkulär ekonomi i centrala värdekedjor i Finland. Projektet har kartlagt potentiella ekonomiska styrmedel i Finland och internationellt, förvärvat kunskaper om värdekedjornas cirkuläreconomiska potential och möjliga tillvägagångssätt, kartlagt styrmedlens utvecklingsbehov genom företagsintervjuer och modellerat värdekedjornas potential ur ett nationalekonomiskt perspektiv.

Den cirkulära ekonomins principer och praxis är i många avseenden redan i bruk i Finland. I den cirkulära ekonomin är den ekonomiska potentialen ofta delad i tunna flöden och reserver, och styrningens utmaning är att hitta rätt sätt att utnyttja dem. Förutom volymer behövs även mervärde för att skapa ekonomisk potential. Här kan man påverka genom ekonomiska styrmedel. De nuvarande styrmedlen är effektiva på många områden, men mera insatser behövs för att hålla produkter längre i cirkulation genom bl.a. underhåll, återanvändning och återtillverkning. Dessutom utmanar ökade förväntningarna och de höjda politiska målen att utveckla dem till en ny nivå. Förutom ekonomiska styrmedel behövs också annan styrning.

Den här publikation är en del i genomförandet av statsrådets utrednings- och forskningsplan för 2017 ([tietokayttoon.fi/sv](http://tietokayttoon.fi/sv)).

De som producerar informationen ansvarar för innehållet i publikationen. Textinnehållet återspeglar inte nödvändigtvis statsrådets ståndpunkt

## DESCRIPTION

<b>Publisher and release date</b>	Prime Minister's Office, 31.08.2018		
<b>Authors</b>	VTT: Magnus Simons, Jere Lehtomaa, Markku Mikkola SYKE: Riina Antikainen, Petrus Kautto, Sarianne Tikkanen, Hanna Salmenperä MOTIVA: Ilkka Hippinen, Tiia Merenheimo Merit Economics: Juha Honkatukia		
<b>Title of publication</b>	Economic instruments in value chains of circular economy		
<b>Name of series and number of publication</b>	Publications of the Government's analysis, assessment and research activities 54/2018		
<b>Keywords</b>	Circular economy, economic instruments, value chain, economic modelling		
<b>Other parts of publication/ other produced versions</b>			
<b>Release date</b>	August, 2018	<b>Pages</b> 48	<b>Language</b> Finnish

### Abstract

The ever-increasing use of natural resources has led to a wide range of environmental challenges. The cause of this situation is the largely the prevalent present-day take-produce-dispose economy system that is based on immense consumption of easy-to-use and affordable materials and energy. Today, the political and scientific debate underlines the need to move to a circular economy where raw materials, materials and products are recycled and reused as long as possible.

The Economic Instruments of Circular Economy (KIMAT) project looked at how economic policy instruments can help to promote the development of the circular economy in some central value chains in Finland. The project has mapped potential economic instruments from Finland and internationally, compiled information about the potential of the value chains and about possible circular economy measures, charted the development needs of economic policy instruments through company interviews and modeled the potentials of the value chains at the level of the Finnish national economy.

The principles and practices of the circular economy have largely already been implemented in Finland. In the circular economy, the economic potential is made up of thin streams and reserves, and the challenge of policy is to find ways to exploit them. Large volumes alone are not enough to generate economic potential. Added value is also needed. Here economic policy instruments play a role. The current instruments are effective in many areas, but more efforts are needed to keep products in circulation longer through maintenance, recycling and remanufacturing. In addition, the intensified expectations and policy goals are challenging to develop the policy instruments to a new level. In addition to economic instruments, also other types of policy instruments are needed.

This publication is part of the implementation of the Government Plan for Analysis, Assessment and Research for 2017 ([tietokayttoon.fi/en](http://tietokayttoon.fi/en)).

The content is the responsibility of the producers of the information and does not necessarily represent the view of the Government.



# SISÄLLYS

<b>1. Johdanto .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Taloudellisen ohjauksen kohdentaminen.....</b>	<b>4</b>
<b>3. Arvoketjut ja kiertotalouden potentiaali .....</b>	<b>8</b>
3.1 Arvoketjujen valinta .....	8
3.2 Prosessiteollisuus .....	10
Kiertotalouden nykytila ja muutostarpeet .....	11
Kuluttajien rooli prosessiteollisuudessa .....	13
Johtopäätökset.....	13
3.3 Teknologiatuotteet .....	14
Kiertotalouden nykytila ja muutostarpeet .....	15
Johtopäätökset.....	18
3.4 Rakennukset ja niiden käyttö.....	14
Kiertotalouden nykytila .....	20
Uudet kiertotaloustoimet .....	20
Tunnistettu kiertotalouden potentiaali .....	21
Betonin kierrätys .....	22
Kuluttajien rooli rakennusalan kiertotaloudessa .....	23
Johtopäätökset.....	24
3.5 Pakkaukset .....	25
Kiertotalouden nykytila pakkausalalla .....	25
Elintarviketeollisuuden pakkausten kierrätys .....	26
Kuluttajien rooli pakkausten kiertotaloudessa .....	29
Johtopäätökset.....	30
<b>4. Ohjauskeinojen taloudelliset vaikutukset .....</b>	<b>32</b>
4.2 Uuden teknologian käyttöönoton vaikutukset .....	34
4.3 Kiertotalouden taloudelliset esteet.....	36
4.4 Kiertotalouden taloudellinen ohjaus ja ohjauskeinojen valinta .....	39
<b>5. Johtopäätöksiä.....</b>	<b>44</b>



LÄHTEET .....	46
---------------	----

# 1. JOHDANTO

Luonnonvarojen yhä kiihtyvä käyttö on johtanut laajasti erilaisiin ympäristöhaasteisiin kuten ilmastonmuutokseen, luonnon monimuotoisuuden köyhtymiseen sekä ravinnekiertojen häiriintymiseen. Tilanteen kärjistymisen syynä nähdään pitkälti nykyinen lineaarinen ota, valmista, hävitä -talousjärjestelmä, joka perustuu helposti saatavilla olevien ja edullisten materiaalien ja energian mittavaan käyttöön. Tällainen järjestelmä ei pysty vastaamaan kestävä kehityksen haasteeseen, joka edellyttää nyky-yhteiskunnan tarpeiden tyydyttämistä teemmättä myönnytyksiä tulevien sukupolvien kustannuksella. Viime aikoina onkin poliittisessa ja tieteellisessä keskustelussa korostunut tarve siirtyä kiertotalouteen, eli talousjärjestelmään, jossa materiaali- ja ainekiertoja suljetaan mahdollisimman paljon. Tällaisessa taloudessa tulee uudelleen käyttää raaka-aineet ja tuotteet mahdollisimman kauan siten, että niiden arvo säilyy mahdollisimman pitkään (McDonough & Braungart 2002; Ellen McArthur Foundation 2013). Mitä paremmin materiaalihäviöiden sulkeminen onnistuu, sitä paremmin toteutuvat myös ekologiset tavoitteet. Kiertotaloudella on tunnistettu myös merkittäviä positiivisia kansantaloudellisia ja työllisyysvaikutuksia. On myös arvioitu, että kiertotalouteen liittyy merkittävä positiivisten kansantaloudellisten vaikutusten ja työllisyysvaikutusten potentiaali (Ellen McArthur Foundation ym. 2015; Wijkman & Skånberg 2015).

Kiertotalouden konsepti juontaa juurensa jopa 1800-luvulle, jolloin jätteiden hyödyntämistä taloudellisen aktiviteetin ja kannattavuuden lisäämisessä ideoitin. Materiaalitehokkuuden lisääminen ja kiertojen sulkeminen ovat olleet tieteellisessä keskustelussa ja monien maiden politiikka-agendoilla jo pitkään (ks. esim. Antikainen ym. 2018). Varsinaista vauhtia kiertotalouden edistäminen on saanut muun muassa Ellen McArthur Foundationin aktiivisen työn tuloksena, ja kiertotalous on noussut keskeiseksi politiikkatavoitteeksi. Euroopan komissio antoi heinäkuussa 2014 kiertotaloustiedonannon, joka kuitenkin vedettiin pois joulukuussa 2014 samaan aikaan antaen lupaus vuoden 2015 loppuun mennessä julkaistavasta kunnianhimoisemmasta tiedonannosta. Closing the loop – an EU action plan for the Circular Economy – paketti julkaistiinkin joulukuussa 2015 (EU COM. 2015). Sitä on täydennetty v. 2018 kiertotalouspaketilla. Suomessa Pääministeri Sipilän hallituksen tavoitteena on nostaa Suomi kiertotalouden kärkimaaksi vuoteen 2025 mennessä. Suomessa on Sitran johdolla laadittu maailman ensimmäinen kiertotalouden tiekartta yhdessä keskeisten ministeriöiden ja muiden sidosryhmien kanssa (Sitra 2016). Tiekarttaa on tarkoitus päivittää. Tiekarttaa täydentää kiertotalouden toimenpide-ohjelma (MMM ym. 2017).

Kiertotalous on laajasti ymmärrettynä tuotannon ja kulutuksen resurssitehokkuuden parantamista nostamalla teknologian materiaali- ja energiatehokkuutta, hyödyntämällä sivuvirtoja ja sulkemalla materiaali- ja ainekiertoja, muuttamalla kulutustottumuksia ja vähentämällä jätteiden syntyä. Tuotteiden ja palvelujen suunnittelu kiertotalouden periaatteiden mukaiseksi on olennainen keino nopeuttaa siirtymistä nykyisestä lineaarisesta talousjärjestelmästä kohti kiertotaloutta. Koska kiertotalous edellyttää aiemmin hyödyntämättömien materiaalivirtojen hyödyntämistä, avaa se uusia liiketoimintamahdollisuuksia sekä palveluiden että teknologian kehittämiseen. Kansantalouden tasolla kiertotalous näyttäytyykin aiemman tutkimuksen valossa pitkälti resurssitehokkuutta parantavan teknologisen kehityksen kautta syntyvänä kasvusysäyksenä. Teknologian kehittämiseen liittyy usein myös investointeja, minkä johdosta tuotantopääoman kasvun kautta syntyy talouskasvua. Kulutustottumusten muutos siirtää toisaalta taloutta usein palveluvaltaisempaan suuntaan ja korostaa työn merkitystä.

Kiertotalouden vauhdittaminen edellyttää politiikkatoimia ja ohjauskeinoja, joilla mahdollistetaan kiertotaloutta tukevien ratkaisujen edistäminen arvoketjujen kaikissa vaiheissa. Tarvitaan ohjauskeinoja, jotka kannustavat yritykset kierrättämään ja korjaamaan, uudelleentaloustamaan, uudelleenkäyttämään ja liisaamaan välituotteita ja tuotannossa tarvittavia hyödykkeitä nykyistä tehokkaammin. Kiertotalouden vauhdittaminen edellyttää myös sitä, että kotitalouksien kannustimia kierrättämiseen ja omaisuuden korjaamiseen vahvistetaan.

Taloudelliset ohjauskeinot on nostettu yhdeksi keskeiseksi välineeksi kiertotaloudelle suotuisan toimintaympäristön luomisessa monissa tutkimuksissa ja kannanotoissa. (Seppälä ym., 2016; Pöyry 2016; GBE 2016; Wijkman & Skånberg 2015). Myös politiikkastrategioissa, kuten EU:n kiertotalouspaketissa, Alankomaiden kiertotalousstrategiassa ja Suomen kansallisessa kiertotalouden tiekartassa, peräänkuulutetaan niiden lisääntyvää käyttöönottoa. (Sitra 2016; A Circular Economy 2016; EU COM 2015).

Kiertotalouden taloudelliset ohjauskeinot (KIMAT) -hankkeen tavoitteena oli tehdä hyvin perusteltu kokonaisarvio taloudellisen ohjauksen mahdollisuuksista kiertotalouden vauhdittamiseksi ja kansallisen tiekartan toimeenpanemiseksi Suomessa. Tavoitteena oli erityisesti:

- tunnistaa ja arvioida mahdollisia taloudellisia ohjauskeinoja, joilla voitaisiin vaikuttaa arvoketjun eri vaiheisiin, tuotesuunnittelusta tuotantoon ja kulutukseen, palveluun perustuvien uusien liiketoimintamallien tarjontaan sekä kierrätykseen ja kierrätettyjen materiaalien markkinoiden vauhdittamiseen;
- selvittää kansainvälisiä kokemuksia kiertotalouden taloudellisista ohjauskeinoista ja kartoittaa Suomeen soveltuvia hyviä käytäntöjä ja ohjauskeinoja
- arvioida merkittävimpien ohjauskeinojen vaikutuksia ja vaikuttavuutta kiertotalouden taloudellisten, ympäristöllisten ja yhteiskunnallisten tavoitteiden kannalta ensisijaisesti mallipohjaisesti; ja
- laatia kokonaisesitys erilaisista taloudellisista ohjauskeinoista kiertotalouden vauhdittamiseksi.

Hanke toteutettiin kolmessa vaiheessa, jotka näkyvät myös tämän raportin rakenteessa. Ensimmäisessä vaiheessa laadittiin kirjallisuuteen perustuva kartoitus käytössä olevista ja mahdollisista uusista taloudellisista ohjauskeinoista. Kartoitusta tehtiin sekä kotimaassa että kansainvälisesti. Tästä työstä vastasi SYKE. Työn tulokset on kuvattu yksityiskohtaisesti raportissa Katsaus kiertotalouden mahdollisiin taloudellisiin ohjauskeinoihin (Tikkanen ym. 2017). Tuloksia on tiiviisti referoitu tämän raportin luvussa 2. Taloudelliset ohjauskeinot kohdistuvat syklin eri vaiheisiin, mutta tehokas ohjaus edellyttää, että niitä koordinoidaan koherentiksi kokonaisuudeksi.

Hankkeen toisessa vaiheessa kartoitettiin neljää keskeistä kotimaista arvoketjua; prosessiteollisuus, teknologiatuotteet, rakennukset ja niiden käyttö, sekä pakkaukset. Keskeinen työvaihe oli kirjallisuustutkimus. Työssä käytettiin myös kotimaisten symbioosien tietoja sisältävää tietokantaa. Tästä työosuudesta vastasi MOTIVA. Tähän osioon kuului myös yritys- ja asiantuntijahaastatteluja kahdessa arvoketjussa: betonin ja elintarvikepakkausten kierrätys. VTT suoritti yhteensä yhdeksäntoista haastattelua. Tässä osiossa syntyi katsaus neljään sellaiseen arvoketjuun, joissa kiertotalouden keinoja on jo hyödynnetty pitkään, mutta joissa kaikista vielä löytyy merkittäviäkin hyödyntämättömiä potentiaaleja. Haasteena on toisaalta tunnistaa omaan liiketoimintaan sopivia materiaalivirtoja ja muita hyödynnettäviä arvoja, ja toi-



saalta liiketoiminnan edellytysten luominen. Taloudellisella ohjauksella on merkittävä rooli ennen kaikkea siellä, missä taloudelliset arvot ovat alhaiset, mutta ympäristövaikutukset merkittävät.

Kolmannessa vaiheessa valitut arvoketjut laajennettuna aikaisemmissa tutkimuksissa tarkasteluilla arvoketjuilla mallinnettiin kansantalouden näkökulmasta. Työssä hyödynnettiin FINAGE mallia, jonka kehittämisestä ja käytöstä vastasi Merit Economicsin Juha Honkatukia tutkijan Jere Lehtisen avustamana. Mallinnuksen keskeinen tulos osoitti, että taloudelliset ohjauskeinot ovat merkittävässä roolissa kyseisten arvoketjujen kiertotalouden kehittämisessä. Keskeinen havainto on, että uuden teknologian käyttöön saaminen vaatii ohjauskeinojen käyttöä sekä tuotannollisten investointien että kierrätystuotteiden käytön yleistymiseksi. Arvoketjuissa oli kuitenkin merkittäviä eroja.

## 2. TALOUDELLISEN OHJAUKSEN KOHDENTAMINEN

Kiertotaloutta tukevia ohjauskeinoja on jo paljon, mutta ne kohdentuvat ennen kaikkea kiertotalouden ulkokehiin eli jättepolitiikkaan (Seppälä ym. 2016). Moni yritys ottaa kiertotalouden periaatteet huomioon ja toimii niiden mukaisesti. Talouden valtavirta on kuitenkin suurelta osin lineaarista. Yksi kiertotalouden keskeinen este on se, että neitseelliset raaka-aineet voivat olla kierrätettyjä materiaaleja edullisempia, vaikka niiden elinkaariset ympäristöhaitat olisivat suurempia kuin kierrätysmateriaalien. Erilaisilla ohjauskeinoilla voidaan korjata muun muassa ulkoisvaikutusten aiheuttamia markkinahäiriöitä, ja saada kiertotalouden mukaisesta toiminnasta liiketaloudellisesti kannattavampaa nykytilanteeseen verrattuna. Kiertotaloutta edistäviä yksittäisiä taloudellisia ohjauskeinoja on jo jonkin verran käytössä eri maissa, mutta ne kohdentuvat erityisesti jättepolitiikkaan, kuten jätteiden kierrätykseen liittyviin toimiin, ja energialähteisiin luonnonvarojen käytön osalta.

Tässä hankkeessa käytiin läpi kirjallisuuteen perustuen olemassa olevia taloudellisia ohjauskeinoja sekä eräitä kansainvälisiä esimerkkejä ja keskustelunavauksia taloudellisen ohjauksen kehittämismahdollisuuksista kiertotalouden edistämiseksi (Tikkanen ym. 2018). Ohjauskeinoja tarkasteltiin kiertotalouden kolmen osa-alueen edistämisen näkökulmasta:

1. Luonnonvarojen säästävä ja resurssitehokas käyttö, ml. uusiutumattomien raaka-aineiden korvaaminen uusiutuvilla;
2. Tuotteiden pitäminen mahdollisimman pitkään kierroissa; ja
3. Sivuvirtojen ja jätteiden kierrätys raaka-aineeksi, ml. sivuvirtojen hyödyntäminen mahdollisimman aikaisessa vaiheessa kiertoja.

Keinot jaoteltiin veroihin, maksuihin, tukiin ja muihin ohjauskeinoihin (taulukko 2.1). Kartoituksen perusteella todettiin, että taloudellisilla ohjauskeinoilla voisi olla nykyistä suurempi merkitys kiertotalouteen siirtymistä tukevan toimintaympäristön luomisessa. Katsauksessa ei kuitenkaan tehty kattavaa tarkasteltujen ohjauskeinojen vaikutusarviointia tai niiden kirjallisuuskatsausta.

Suurin osa ympäristöverotuloista EU:ssa ja Suomessa on energiaveroja (Eurostat 2018, Suomen virallinen tilasto 2015). Muiden taloudellisten ohjauskeinojen osalta suhteellisesti suurin osa olemassa olevista taloudellisista ohjauskeinoista kohdistuu jätteiden kierrätykseen raaka-aineeksi. Näitä ovat jäteverot ja -maksut, jätteenpolton verotus, pakkausverot sekä erilaiset Pay-as-you-throw<sup>1</sup>- sekä palautus-panttijärjestelmät. Luonnonvarojen käytön ulkoiskustannusten hinnoittelu on energialähteiden taloudellisia ohjauskeinoja lukuun ottamatta edelleen suhteellisen vähäistä. Olisi syytä selvittää, voidaanko taloudellista ohjausta kehittää myös tuotteiden pitämiseksi mahdollisimman pitkään kierroissa, sillä se on kiertotalouden ydintavoitteita, mutta ohjauskeinoja on toistaiseksi käytössä niukasti. Jätteen synnyn ehkäisemiseksi, jätelain edellyttämän jätehuollon etusijajärjestyksen toteutumiseksi sekä sivuvirtojen hyödyntämiseksi raaka-aineena mahdollisimman varhaisessa vaiheessa tarvittaisiin myös edelleen toimenpiteitä.

<sup>1</sup> Pay as you throw (PAYT) -järjestelmässä jätemaksut määräytyvät tuotetun jätteen määrän (esimerkiksi painon, astiatilavuuden tai astiatyhjennuskertojen) mukaan.

Tutkimus- ja kehittämistoiminnan ja innovaatioiden kautta voidaan kehittää kiertotalouden tuotteita, teknologioita, palveluja ja ekosysteemejä, ja edistää kaikkia kolmea kiertotalouden osa-aluetta aikaansaaden positiivisia ulkoisvaikutuksia ja hyötyjä yhteiskunnan näkökulmasta. Sen vuoksi yritystukien uudelleen suuntaaminen tukemaan kiertotalouden ratkaisuja, innovaatioita ja liiketoimintamalleja sekä tutkimuksen rahoitusmekanismien varmistaminen voivat olla perusteltuja ohjauskeinoja kiertotalouden edistämiseksi.

Vaikka taloudellisilla ohjauskeinoilla on monia periaatteellisia etuja, liittyy niiden kohdentamiseen ja käyttöönottoon muuntyyppisten ohjauskeinojen tapaan lukuisia käytännöllisiä, hallinnollisia ja poliittisia haasteita sekä mahdollisia ei-toivottavia sivuvaikutuksia kustannuksineen. Yksittäiset taloudelliset ohjauskeinot eivät ole riittäviä laajan, systeemisen muutoksen aikaansaamiseen, ilman, että niitä on koordinoitu keskenään koherentiksi kokonaisuudeksi. Tasapainoista ja vaikuttavaa ohjausta on syytä kehittää yhdessä muiden ohjauskeinojen, kuten hallinnollisten keinojen, kanssa koherenttina kokonaisuutena, jolloin ne parhaalla mahdollisella tavalla tukevat ja tehostavat toistensa vaikutusta. Lisäksi on tärkeää arvioida ja seurata ohjauskeinojen vaikutuksia.

Tässä hankkeessa tehtiin taloudellista ohjauskeinojen vaikutusten mallinnusta valituille arvoketjuille ja ohjauskeinoille. Nämä osiot on kuvattu seuraavissa luvuissa.

**Taulukko 2.1: Esimerkkejä kiertotalouden mahdollisista taloudellisista ohjauskeinoista Suomessa ja muissa maissa tehtyyn kirjallisuuskatsaukseen perustuen (Tikkanen ym. 2018). Ohjauskeinojen vaikuttavuutta tai toteutettavuutta ei ole tässä hankkeessa arvioitu. Tarkemmat tiedot on esitetty katsauksessa Tikkanen ym. 2018.**

	Luonnonvarojen ottaminen ja teknisten materiaalien valmistus	Ylläpito, kunnostaminen	Uudelleenkäyttö	Uudelleenvalmistus	Jätteidenkierrätys raaka-aineeksi
Verot	<p>Luonnonvaraveroja:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- fossiilisten raaka-aineiden verotus muovi-, kumi- ja kemianteollisuudessa - kaivannaisvero tai mineraalien louhintamaksu</li> <li>- kaivostoiminnan siirtäminen ylempään sähköveroluokkaan</li> <li>- maa-ainesvero, mm. sora- ja hiekkavero</li> <li>- mineraalifosforin raaka-ainevero lannoiteteollisuudessa</li> <li>- kriittisten raaka-aineiden verotus - vedenotto- ja/tai käyttövero</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kotitalousvähennyksen laajentaminen</li> <li>- verohelpotuksia ylläpito- ja kunnostuspalveluille</li> <li>- ALV:n keventäminen palveluille</li> <li>- työn verotuksen keventäminen</li> <li>- kertakäyttötuotteiden veroja</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kiertotaloutta tukevien palvelujen ALV:n keventäminen</li> <li>- työn verotuksen keventäminen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- luonnonvaraveroja neutseellisille raaka-aineille, jotta uudelleenvalmistus tulisi taloudellisesti kannattavammaksi kuin uuden tuotteen tekeminen</li> <li>- työn verotuksen keventäminen</li> </ul>	<p>Luonnonvaraveroja:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- verot vaikuttavat neutseellisten raaka-aineiden ja kierrätysmateriaalien suhteellisiin hintoihin siten, että ne kannustavat mm. materiaalitehokkuuteen ja kierrätysmateriaalien käyttöön.</li> <li>- jäteveron kehittäminen</li> <li>- jätteenpolttovero</li> <li>- pakkausveron kehittäminen</li> <li>- haitallisten aineiden verottaminen tuotteissa</li> </ul>

Tuet	<ul style="list-style-type: none"> <li>- T&amp;K -rahoitusta</li> <li>- yritys- ja verotukien uudelleen suuntaaminen</li> <li>- investointitukia</li> </ul>	<p>T&amp;K –rahoitusta, yritys- ja verotukia, investointitukia</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- vero- ja muiden tukien uudelleen suuntaamista esim.:</li> <li>- yritystukia ja verohelpotuksia mm. kiertotaloutta edistäviin teknologioihin, innovaatioihin sekä tuotteista palveluihin -liiketoimintamallien ja alustojen kehittämiseen;</li> <li>- verovähennysoikeus palvelutuotannon investoinneille;</li> <li>- verovähennysten käyttö tavaroiden vuokrauksen, vaihtamisen ja lainaamisen edistämiseksi;</li> <li>- uudelleenkäyttömyymälöiden tuet.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- T&amp;K rahoitusta</li> <li>- yritys- ja verotukia</li> <li>- investointitukia</li> </ul>
Maksut	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mineraalien louhintamaksu</li> <li>- vedenoton lupamaksujen korottaminen</li> <li>- vesi- ja/tai jätevesimaksun korottaminen</li> <li>- jätevesimaksun määräytyminen haitallisten aineiden pitoisuuksien perusteella</li> </ul>	ei tunnistettu		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pay as you throw (PAYT) -maksut</li> <li>- jätevesimaksun korottaminen</li> <li>- jätevesimaksun määräytyminen haitallisten aineiden pitoisuuksien perusteella</li> </ul>
Muut taloudelliset ohjauskeinot	<ul style="list-style-type: none"> <li>- päästökauppa esim. ravinnepäästökauppa</li> <li>- esim. Itämeren alueen vapaaehtoinen päästökauppa nitraateille</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- hankkeita ja hankerahoitusta palveluun perustuvien konseptien kehittämiseen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- palautus-panttijärjestelmän laajentaminen uusiin tuoteryhmiin esim. elektroniikkaan</li> </ul>

## 3. ARVOKETJUT JA KIERTOTALOUDEN POTENTIAALI

### 3.1 Arvoketjujen valinta

Koska kiertotalouden kenttä on hyvin laaja, tarkastelua rajattiin Suomessa kiertotalouden kannalta keskeisiin arvoketjuihin perustuen muun muassa potentiaaliin ja vaikuttamismahdollisuuksiin. Rajauksessa tavoitteena oli valita kansantaloudellisesti merkittäviä arvoketjuja, joissa on myös muutospotentiaalia kiertotalouden toteutumisen näkökulmasta. Lisäksi rajoituksia tehtäessä otettiin huomioon, millaisia muita kiertotalouden edistämiseen liittyviä toimenpiteitä, selvityksiä ja ohjelmia on käynnissä eri arvoketjuissa, jotta voitiin valita erityisesti sellaisia osa-alueita, joihin toimia ei ole aiemmin kohdistettu tai niitä on toistaiseksi suhteellisen vähän. Kriteerinä arvoketjujen valinnalle oli myös lähtötietojen saatavuus, jotta valittuja arvoketjujen taloudellisten ohjauskeinojen vaikuttavuuden mallinnus oli mahdollista.

Valinnan lähtökohtana oli Kansallisessa kiertotalouden tiekartassa tunnistetut painopistealueet: kestävä ruokajärjestelmä, tekniset kierrot, metsäperäiset kierrot sekä liikkuminen ja logistiikka. Painopistealueiden valinta on perustunut Suomen vahvuuksiin ja erityisosaamiseen, painopistealueiden merkitykseen taloudelle sekä merkitykseen kiertotalouden toteutumiselle kokonaisuudessaan. (Sitra, 2016) Kansallisen kiertotalouden tiekartan taustalla on Sitran Kiertotalouden mahdollisuudet Suomelle -selvitys. Selvityksessä taloudellisen merkityksen sekä kiertotalouden potentiaalin näkökulmasta keskeisimmiksi sektoreiksi nostettiin konepajateollisuus, metsäteollisuus, ruokaketju maanviljelystä vähittäiskauppaan, rakentaminen ja yksityinen kulutus. (Sitra, 2014)

Teknisten kiertojen painopisteessä keskeisiä ovat kaikki teolliset toimijat. Siinä tavoitteena on, että Suomen kilpailukykyä rakennetaan kestäväällä materiaalien käytöllä minimoimalla neitseellisten raaka-aineiden tarvetta, pidentämällä materiaalien ja tuotteiden elinkaaria sekä hyödyntämällä uudelleen käytön mahdollisuuksia. Painopisteestä valittiin tässä hankkeessa lähempään tarkasteluun kolme arvoketjuja: prosessiteollisuuden sivuvirrat, rakentamisen ala sekä teknologiatuotteet. Prosessiteollisuutta ovat muun muassa metsäteollisuus, kemianteollisuus, kaivosteollisuus, terästeollisuus, öljynjalostamot sekä sementtitehtaat.

Käytännössä arvoketjuja ei voida rajata yksittäisiin teollisuudenaloihin, vaan uudet kiertotalouden mahdollisuudet syntyvät sektorirajat ylittävässä toiminnassa. Esimerkiksi puunjalostuksen tai metalliteollisuuden sivuvirtoja voidaan hyödyntää rakentamisessa.

Edellä mainitut kolme arvoketjuja ovat taloudellisesti merkittäviä, niistä löytyy potentiaalia kiertotalouden edistämiseen sekä mahdollisuuksia taloudellisen ohjauksen kehittämiseen. Prosessiteollisuus ja rakentamisen ala edustavat suurinta osaa Suomen kansantalouden raaka-aineiden kulutuksesta (Koskela ym., 2013). Prosessiteollisuuden sivuvirrat liittyvät myös kiertotalouden tiekartan metsäperäisten kiertojen painopisteeseen, jossa sivuvirtojen hyödyntäminen on yksi merkittävä osa-alue. Sähkö- ja elektroniikkaromu on valtakunnallisessa jätesuunnitelmassa yhtenä painopistealueena, joten teknologiatuotteiden arvoketjuun liittyy myös jätteen synnyn ehkäisyn ja kierrätyksen lisäämisen keskeisiä kansallisia tavoitteita.

Prosessiteollisuuden osalta tarkastelu kohdistettiin materiaalivirtojen, erityisesti sivuvirtojen hallintaan. Toinen tärkeä kiertotalousnäkökulma prosessiteollisuudessa on neitseellisiä

raaka-aineita korvaavien kierrätysmateriaalien valmistus. Kiertotalouteen siirtymistä voitaisiin prosessiteollisuudessa vauhdittaa muun muassa teollisten symbioosien kehittämisen kautta.

Rakentaminen ja rakennusten käyttö puolestaan on selkeä kokonaisuus, joka tapahtuu pitkälti Suomessa. Näin ollen koko arvoketjun tarkastelu ohjauksen näkökulmasta on mahdollista. Arvoketju sisältää myös useita teollisuuden aloja, kuten betoni- ja puutuoteteollisuuden. Rakentamisen alalla on tunnistettavissa merkittäviä muutostarpeita: muun muassa rakentamis- ja purkujätteiden hyödyntämisen kehittäminen sekä rakennusten käyttöön liittyvä potentiaali ja käytön tehostamisen mahdollisuudet.

Teknologiatuotteiden alue on laaja kokonaisuus, joka sisältää hyvin erilaisten tuotteiden suunnittelun ja valmistuksen sekä niiden käyttöön, käyttöiän pidentämiseen, jakamisen mahdollisuuksiin ja kierrätykseen elinkaaren lopussa liittyvät kysymykset. Alan tarkastelua monimutkaistaa lisäksi se, että tuotteet ylittävät valtakunnan rajat: kuluttajatuotteet ovat pääosin tuontitavaraa ja Suomessa valmistetut tuotteet menevät käyttöön maan rajojen ulkopuolelle. Näiden osalta voidaan kuitenkin tunnistaa mahdollisuuksia mm. käyttöiän pidentämiseen ja käytön intensiteetin lisäämiseen liittyvistä vaihtoehdoista.

Kiertotalouden tiekartan kestävä ruokajärjestelmän painopistealueella ruokahävikkiin ja ravinnekiertoihin liittyen on jo käynnissä paljon toimia, mutta tarkempaan tarkasteluun päätettiin valita pakkausmateriaalien kierto. Pakkaamisella voidaan vaikuttaa paitsi pakkausmateriaalien käyttöön myös ruokahävikkiin. Pakkausmateriaalit ovat myös valtakunnallisessa jätesuunnitelmassa yhtenä painopistealueena.

Liikkumisen ja logistiikan painopistealueessa tavoitteena on, että liikkuminen ja logistiikka Suomessa kehittyisivät energia- ja resurssitehokkaammaksi, älykkääksi ja fossiilittomaksi järjestelmäksi, joka perustuu liikkumiseen palveluna (Mobility as a Service, MaaS), jakamistalouden liikkumisratkaisuihin sekä optimoituihin ja puhtaisiin kuljetuksiin. Painopiste päädyttiin rajaamaan tarkastelun ulkopuolelle, koska Suomessa on jo nyt siihen liittyen käynnissä paljon kehitystyötä. Esimerkiksi älykkään liikenteen kehittämisen yhteistyöverkostona Suomessa toimii ITS Finland ry, liikkumisen ratkaisujen kehittämiseen liittyviä kokeiluja kokoaa yhteen Trafikin koordinoima Liikennelabra, ja liikkuminen palveluna -ratkaisujen kehittämistä tukee Business Finlandin Intelligent Vehicles and Mobility -ohjelma. (ITS Finland, 2018; Business Finland 2018)

Arvoketjujen valinnassa huomioitiin myös tekstiiliteollisuuden arvoketju yhtenä lähemmän tarkastelun vaihtoehtona. Tekstiilit ovat merkittävä kulutustuoteryhmä ja niiden kestävä tuotanto, kulutus ja kierrätys on herättänyt paljon keskustelua viime vuosina. Tekstiiliteollisuus todettiin kuitenkin taloudelliselta potentiaailtaan suhteellisen pieneksi. Lisäksi myös tekstiilien hyödyntämiseen liittyen on jo käynnissä merkittävää kehitystyötä, kuten Ympäristöministeriön ja Tekesin rahoittama Telaketju eli Tekstiilin keräys-, lajittelu- ja hyödyntämisverkosto -hanke<sup>2</sup>.

Edellä on kuvattu perusteet, joilla tässä raportissa tarkastelu rajattiin neljään arvoketjuun: rakentamisen ala, pakkaukset, teknologiatuotteet ja prosessiteollisuuden sivuvirrat. Seuraavissa luvuissa tarkastellaan kiertotalouden toteutumisen nykytilaa ja muutostarpeita tarkemmin näissä arvoketjuissa. Tarkasteltavia arvoketjun osa-alueita ja niihin vaikuttavia tekijöitä ovat tuotteiden käyttöikä pidentävät valinnat, vaihtoehtoiset palvelut, julkiset hankinnat, omistamisen vaihtoehdot, teolliset symbioosit, kierrätysmateriaalien käyttö, tuotedesign, leasing ja jakamisalustat. Tarkastelu painottuu eri arvoketjuissa eri vaiheisiin sen mukaan, millainen niiden merkitys ja potentiaali kussakin arvoketjussa on. Muutospotentiaalien merkittä-

---

<sup>2</sup> [https://telaketju.turkuamk.fi/mita\\_telaketju\\_tekee/](https://telaketju.turkuamk.fi/mita_telaketju_tekee/)

vyyden hahmottamiseksi arvoketjuista on koottu volyymitietoja esimerkiksi sivuvirtojen ja jäteiden määrästä sekä kierrätysasteista. Kutakin arvoketjua käsittelevässä luvussa esitetään johtopäätökset ohjauskeinojen kehittämisen tarpeista.

Lisäksi nykyisten ohjauskeinojen vaikutuksia selvitettiin tarkemmin haastattelujen kautta kahdessa arvoketjussa. Haastattelujen tavoitteena oli selvittää käytössä olevien ohjauskeinojen ohjausvaikutusta arvoketjujen eri vaiheissa sekä tunnistaa kiertotalouden keinojen ja tavoitteiden ajureita ja esteitä arvoketjuissa. Kohteeksi valittiin betonin ja elintarvikepakkausten arvoketjut. Valinnan lähtökohdaksi oli Kansallisessa tiekartassa esitetyt arviot toimialojen taloudellisesta potentiaalista. Suomessa syntyvän betonijätteen määrä oli keskeinen valintaperuste. Elintarvikepakkausten valintaperusteita taas olivat muun muassa pakkauksiin ja muoviin liittyvät kiristävät kierrätystavoitteet, tarve muuttaa raaka-ainepohja öljypohjaiselta uusiutuviin ja lisäksi pakkausten vaikutus elintarvikehävikkiin arvoketjun eri vaiheissa. Kummassakin arvoketjussa tehtiin kuusi yrityshaastattelua. Lisäksi haastateltiin rakennusteollisuudesta kolmea teollisuusliittojen ja asiantuntijaorganisaatioiden edustajaa sekä yhtä kaupungin rakennustoimen edustajaa. Elintarvikepakkausten arvoketjuun liittyen haastateltiin kahta asiantuntijaa teollisuusliitosta ja VTT:ltä. Haastattelujen pohjalta on analysoitu nykyisten ohjauskeinojen kokonaisvaikutusta valituissa kohdearvoketjuissa sekä mahdollisten uusien ohjauskeinojen vaikutusta kiertotalouden tavoitteiden saavuttamiseksi.

## 3.2 Prosessiteollisuus

Prosessiteollisuuden osalta tarkastelu painottuu eri teollisuudenalojen sivuvirtojen hyödyntämisen nykytilaan ja siihen, millaiset tekijät estävät tai edistävät sivuvirtojen hyödyntämistä. Toinen tärkeä kiertotalousnäkökulma prosessiteollisuudessa on neitseellisiä raaka-aineita korvaavien kierrätysmateriaalien käyttö. Eri teollisuudenalojen sivuvirroissa on suuria eroja ja myös niiden hyödyntämiseen vaikuttavat tekijät ovat erilaisia. Seuraavassa esitellään kiertotalouden nykytilaa sivuvirtojen hyödyntämisen näkökulmasta kolmella esimerkkisektorilla: metsäteollisuudessa, kemianteollisuudessa ja valimoteollisuudessa. Suora metsäteollisuuden kuitujen kierto on kuitenkin rajattu pois, koska siinä kiertotalous on ollut arkipäivää jo kauan. Puukuitu hyödynnetään tehokkaasti jo tehdasintegraattien sisällä, ja Suomessa tuotettu biomassa kiertää myös vientimaissa.

Tietoja eri teollisuudenalojen sivuvirtojen määrästä, laadusta ja hyödyntämisen nykytilanteesta ei ole aiemmin kattavasti koostettu, eikä se ollut tämän hankkeen puitteissa mahdollista. Taloudellisen potentiaalin määrittämiseksi tarvittaisiin tietoa myös siitä, mitkä virtojen kustannukset/arvo ovat nykyisin ja etenkin siitä, mikä sivuvirtojen arvo voi tulevaisuudessa olla. Tämä määräytyy siitä, millaisiin käyttötarkoituksiin ne voidaan ohjata ja millainen arvonnousu saadaan aikaiseksi virtoja jalostamalla ja niiden kaupankäyntiä kehittämällä. Siksi tässä ei voida esittää selkeää arviota siitä, mihin tiettyihin virtoihin liittyy suurinta kiertotalouden potentiaalia tai taloudellisen ohjauksen tarpeita.

Sen sijaan johtopäätöksissä on tunnistettu yleisiä muutostarpeita ja ohjauksen kohdentamisen mahdollisuuksia, joilla sivuvirtojen hyödyntämistä voidaan edistää. Tässä esitetyt sivuvirtoihin liittyvät tarkastelut ovat sovellettavissa myös varsinaisen prosessiteollisuuden ulkopuolelle: esimerkiksi valimoteollisuuden ylijäämäheikkojen hyödyntämiseen liittyy samankaltaisia haasteita kuin esimerkiksi metsäteollisuuden tuhkiin.



Kiertotalouden kannalta kiinnostavia ovat erityisesti yli sektorirajojen liikkuvat virrat ja se, miten aiemmin jätteinä käsiteltyjen virtojen arvoa saadaan nostettua sivuvirtoja jalostamalla ja virtojen tarjontaa ja kysyntää vauhdittamalla.

## Kiertotalouden nykytila ja muutostarpeet

Esimerkeiksi valitut teollisuudenalat ovat sivuvirtojen suhteen hyvin erilaisia. Kemianteollisuudessa tuotannon luonne vaihtelee paljon, ja myös syntyvien sivuvirtojen määrä ja laatu vaihtelevat merkittävästi tuotannon alasta riippuen. Valimoteollisuudessa ja metsäteollisuudessa taas erityyppisiä sivuvirtoja on vähemmän ja on mahdollista tunnistaa muutama erityisen merkittävä sivuvirta. Myös näiden samantyyppisten sivuvirtojen sisällä on kuitenkin paljon vaihtelua sivuvirtojen ominaisuuksissa, johtuen muun muassa eroista tehtaiden prosesseissa ja raaka-aineissa. Valimoteollisuuden merkittävimmät sivuvirrat ovat ylijäämähiekka sekä pöly, jota syntyy, kun valimohiekkaa käsitellään uudelleenkäyttöön. Metsäteollisuuden merkittävimmät sivuvirtoja ovat massa- ja paperiteollisuudessa syntyvät tuhkat, erilaiset lietteet ja meesakalkki.

Kemianteollisuudessa sivuvirtojen määrä suhteessa tuotannon määrään on keskimäärin varsin pieni: yhteensä vuonna 2017 Kemianteollisuuden kestävä kehityksen Responsible Care -vastuullisuusohjelmassa mukana olevien yritysten tuotannosta poistuvista materiaaleista 1,0 prosenttia oli sivuvirtoja ja jätteitä, joista hyödynnettiin materiaalina ja energiana 88 prosenttia<sup>3</sup>. (Kemianteollisuus, 2018) Valimoteollisuudessa ylijäämähiekkaa syntyy noin 60 000 tonnia vuodessa, ja pölyä 4000-5000 tonnia vuodessa. Ylijäämähiekan hyödyntämisyhteysaste on vain noin 10 %. (Orkas 2017) Massa- ja paperiteollisuudessa tuhkia syntyi vuonna 2016 hiukan alle 200 000 tonnia, erilaisia lietteitä noin 580 000 tonnia ja meesakalkkia noin 60 000 tonnia. Merkittävimmät hyödynnettävät sivuvirrat sekä kaatopaikkasijoitettavat jätteet olivat suhteessa tuotannon määrään noin 5 %. Metsäteollisuuden sivuvirroista yli 90 % hyödynnetään materiaalina tai energiana. (Metsäteollisuus ry 2017)

Merkittävä kohde monien sivuvirtojen hyödyntämiselle on maarakentaminen. Myös maanparannuksen ja lannoituksen sovelluksista löytyy hyödyntämiskohteita erilaisille sivuvirroille. Esimerkiksi massa- ja paperiteollisuuden tuhista yli puolet käytettiin vuonna 2016 maarakentamiseen, ja myös valimohiekkojen yleisimpiä hyödyntämiskohteita on kaatopaikkojen rakentaminen ja maisemointi sekä tietyt maarakentamiskohteet. Metsäteollisuuden tuhista hyödynnettiin vuonna 2016 noin viidesosa metsä- ja peltolannoituksessa, ja myös lietteitä hyödynnetään jonkin verran maanparannuksessa. Kaksi kolmasosaa osaa massa- ja paperiteollisuuden lietteistä hyödynnettiin kuitenkin vuonna 2016 energiana. Kemianteollisuudessa esimerkiksi Yaran fosforihappotuotannon sivutuotteena syntyvää kipsiä on hyödynnetty maanparannusaineena.

Sivuvirtojen hyödyntämistä rajoittavat usein sivuvirtojen sisältämät haitalliset aineet ja niihin liittyvät hyödyntämisen pitoisuusrajat eri hyödyntämiskohteissa. Esimerkiksi valimohiekkojen tiettyjen haitta-aineiden liukoisuudet rajoittavat niiden käyttöä. Myös metsäteollisuuden tuhissa haitallisten aineiden pitoisuudet tai liukoisuudet voivat rajoittaa käyttöä. Erityisen ongelmallinen, metsäteollisuudessa suurimman kaatopaikalle sijoitettavan jakeen muodostava sivuvirta on soodasakka, voi sisältää raskasmetalleja ja on lisäksi koostumukseltaan haastavaa käsitellä. Soodasakka sisältää kuitenkin myös runsaasti kalkkia sekä rikkiä ja hivenaineita kuten sinkkiä.

<sup>3</sup> Ohjelmaan kuuluvat yritykset edustavat 80 % kemianteollisuuden tuotannosta Suomessa.

Joitain teollisuuden sivuvirtoja voidaan suoraan hyödyntää toisessa yrityksessä, mutta usein sivuvirran hyödyntämiseksi sitä tulee kuitenkin käsitellä esimerkiksi juuri haitallisten aineiden poistamiseksi, ja jalostaa raaka-ainekäyttöön sopivaksi. Jalostamista voi toteuttaa sivuvirran alkuperäinen haltija, välittäjäyritys tai sivuvirran jatkokäyttäjä. Joskus alkuperäinen sivuvirran tuottaja voi myös muuttaa tuotantoprosessejaan siten, että sivuvirran jatkokäyttömahdollisuudet helpottuvat. Sivuvirrat on osattava erottaa tai poistaa teollisuuden prosesseista siten, että niitä voidaan riittävän puhtaina hyödyntää. Usein hyödyntämismahdollisuuksien löytäminen ja jalostaminen soveltuviksi edellyttäisi sivuvirtojen ominaisuuksien parempaa tuntemista.

Tyypillisiä sivuvirtojen hyödyntämisen haasteita ovat jakeiden pienet volyymit ja maantieteellinen sijainti sekä erot jakeiden ominaisuuksissa ja laadussa. Tämä hankaloittaa esimerkiksi valimohiekkojen ja tuhkien hyödyntämistä. Kemianteollisuudessa esimerkiksi monien kumituotteiden kierrätystä hankaloittaa materiaalivirtojen vähäisyys ja lisäksi tuotteiden monikomponenttisuus. Pienten volyymien, maantieteellisen sijainnin ja jakeiden laatuvarioitelmien seurauksena sivuvirtojen hyödyntämisen pullonkaulaksi muodostuvat kysynnän ja tarjonnan kohtaaminen, kustannustehokkuus ja sivuvirtojen hintojen kilpailukyky suhteessa neitseellisiin raaka-aineisiin, sekä tiedon jakaminen, kun yritykset eivät tunne toistensa materiaalivirtoja ja -tarpeita. Sivuvirtojen käyttö olisi saatava neitseellisen raaka-aineen valintaa houkuttelevammaksi. Raaka-aineen tulee olla yrityksen kannalta yhtä käyttökelpoinen ja turvallinen, sen saatavuuden tulee olla turvattu ja kustannusten kilpailukykyisiä.

Sivuvirtojen hyödyntämiseen vaikuttavia nykyisiä ohjauskeinoja ovat erityisesti jätevero sekä sääntely, jota liittyy sivuvirtojen hyödyntämiseen eri kohteissa, esimerkiksi MARA-asetus maarakentamisessa ja maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista. Sääntelyllä ja ympäristölupaprosesseilla turvataan ihmisten terveyttä ja ympäristöä mahdollisilta sivuvirtojen sisältämillä haitallisilta aineilta ja siksi ne rajoittavat joidenkin sivuvirtojen hyödyntämistä ja luovat vaatimuksia sivuvirtojen käsittelylle. Monet yritykset kokevat hyödyntämiseen liittyvät ympäristölupaprosessit liian raskaiksi ja aikaa vieviksi, ja tämän myötä hyödyntämiskelpoisia sivuvirtoja voi jäädä hyödyntämättä.

Jätevero on ollut merkittävänä kannustimena monien sivuvirtojen hyödyntämiselle, sillä se nostaa kaatopaikkasijoittamisen kustannukset sivuvirtojen hyödyntämiseen liittyviä esimerkiksi käsittelystä ja kuljetuksesta aiheutuvia kustannuksia korkeammiksi. Jäteveron välttämiseen perustuva sivuvirtojen hyödyntäminen ohjautuu kuitenkin kohteisiin, joissa hyödyntämisen kustannukset ovat alhaisimmat, eikä välttämättä huomioi ympäristövaikutuksia tai sivuvirtojen jalostuspotentiaalia. Sivuvirtojen hyödyntämisen tulisivat saada toteutumaan entistä vahvemmin perustuen sivuvirtojen arvoon ja kustannustehokkaaseen jalostamiseen, elinkaarren ympäristövaikutukset huomioiden.

Tässä luvussa kuvattujen sivuvirtojen hyödyntämisen haasteiden ratkaisemiseen tarvittaisiin erityisesti tutkimus- ja kehitystyötä, joka voi olla kynnyksenä erityisesti pienemmille yrityksille. Erilaiset taloudelliset ja muut tuet, jotka mahdollistavat yrityksen sisäisen kehitystoiminnan tai ulkopuolisten palvelujen hankkimisen tähän voivat edistää sivuvirtojen saamista hyödyntämisen piiriin.

Lisäksi tarvitaan tiedon saatavuuden kehittämistä, jotta kysynnän ja tarjonnan olisi mahdollista kohdata. Alustoja, joissa voidaan jakaa tietoa sivuvirroista, on olemassa ja kehitteillä useampia etenkin kohdennetusti tietyn tyyppisille jakeille, esimerkiksi Helsingin Seudun Ympäristöpalveluiden Seutumaisa sekä Maapörssi maa-aineksille. Suomessa toimii myös Kansallinen teollisten symbioosien ohjelma (FISS), Motiva Oy:n koordinoima valtakunnallinen toimintamalli, jossa autetaan yrityksiä löytämään hyödyntäjiä sivuvirroilleen ja muille resursseilleen. Toiminta perustuu alueellisiin hankkeisiin, jotka toimivat yhteisen mallin mukaisesti ja

ovat verkostoituneet keskenään. Toiminta on käynnistynyt 14 maakunnassa, mukana olevia yrityksiä on yli 650 ja tunnistettuja resursseja yli 4000. Toiminnalla edistetään etenkin kysynnän ja tarjonnan kohtauttamista ja toimialarajat ylittäviä markkinapaikkoja, sekä tutkimus- ja kehitystyötä, joiden avulla voidaan parantaa sivuvirtojen ominaisuuksien tuntemista ja hallintaa sekä löytää uusia hyödyntämiskohteita.

Jotta olemassa olevista toimintamalleista saataisiin paras mahdollinen vaikuttavuus, tarvitaan valtakunnallisen markkinapaikan kehittämistä sekä viestintää sen mahdollisuuksista, jotta saadaan kasvatettua käyttäjien sekä välitettävien resurssien määrää. Markkinapaikan tulee toimivana olla riittävän kattava ja tunnettu, jotta se toimii todellisena hankintakanavana. Vuonna 2018 on käynnistynyt valtakunnallisen jätteiden ja sivuvirtojen tietöalustan valmistelu.

## **Kuluttajien rooli prosessiteollisuudessa**

Tässä hankkeessa prosessiteollisuutta on käsitelty lähinnä yritysten välisen toiminnan näkökulmasta. Kuluttajan rooli on tässä vähäinen, vaikkakin kuluttaja voi valinnoillaan jossain määrin vaikuttaa lopputuotteiden tarjontaan. Esimerkkejä tällaisesta löytyy muun muassa metsäteollisuudesta, jossa kuluttajilla oli tärkeä rooli vaikuttamassa kierrätyskuitujen osuuden lisäämisessä paperiin ja kloorittoman valkaisemisen kehittämisessä.

Kuluttajilla on myös rooli prosessiteollisuuden kuluttajalopputuotteiden kierrätykseen saattamisessa, kuten renkaat, kemikaalit, metallit, sähkö- ja elektroniikkalaitteet).

Jossain yhteydessä voisi B2B -malleja harkita myös kuluttajille. Esimerkiksi kemikaalileasing voisi vähentää kuluttajakemikaalien käyttöä (kodin pesuaineet ja hygieniatuotteet) ja pakkausmateriaalien tarvetta. Taloudellisen ohjauksen avulla voitaisiin edistää toimivan konseptin ja liiketoimintamallin kehittämistä, kokeilua ja käyttöönottoa.

## **Johtopäätökset**

Teollisuuden sivuvirtojen parempi hyödyntäminen on tunnistettu keskeiseksi kiertotalouden ja materiaalitehokkuuden toimenpiteeksi. Sen toteuttaminen vaatii nykyistä parempaa tietoa käytettävistä virroista, niiden ominaisuuksista ja jalostusmahdollisuuksista. Tarvitaan tutkimus- ja kehitystyötä prosessien suunnitteluun sivuvirtojen hyödyntämismahdollisuudet huomioiden, tuotteistamista sekä uusiomateriaalien kilpailukyvyn varmistamista. Jotta tarjonta ja kysyntä kohtaavat, tarvitaan toimivat markkinat kierrätettävälle materiaaleille.

Taulukossa 3.1 on esitetty hankkeessa tunnistettuja sivuvirtojen hyödyntämiseen liittyvistä esteistä ja ajureista sekä niihin liittyviä mahdollisuuksia ohjauksen kehittämiseen. Neitseellisten raaka-aineiden verotus voi tuoda hintaetua niitä korvaaville kierrätysraaka-aineille. Kierrätysraaka-aineiden tulee kuitenkin olla ominaisuuksiltaan neitseellisiä vastaavia, mm. turvallisuus on tärkeää. Raaka-aineisiin kohdistuva vero voi, esimerkiksi lannoitevalmisteissa, siirtyä kuluttajan tai elintarviketuottajan kustannuksiksi, jos kierrätysmateriaalin käyttö ei ole mahdollista neitseellisen materiaalin ollessa sitä puhtaampaa. Jäteveroilla voidaan sivuvirtoja suunnata hyötykäyttöön kaatopaikkasijoituksen sijaan.

Julkiset hankkijat voivat osaltaan olla suuri kierrätysmateriaalien käyttäjä. Nämä voivat suosia kilpailutuksessaan kierrätysmateriaaleja mm. infrarakentamisessa. Toimijat tarvitsevat tähän tietoa mahdollisuuksista ja apua kilpailutuksiin riskien hallintaan.

T&K-tuet voisivat edistää sivuvirtoja hyödyntävien tuotteiden suunnittelua ja tuotantoprosessien muuttamista siten, että sivuvirrat ovat helpommin hyödynnettävissä voisivat vauhdittaa

siirtymistä sivuvirtojen hyödyntämiseen. Toisaalta tarvitaan myös tutkimustietoa materiaaleista ja analytiikkaa materiaalien ominaisuuksista.

Taloudellisen ohjauksen lisäksi tarvitaan erityisesti tietoa materiaalivirroista ja materiaalien ominaisuuksista. Viestinnällä voidaan myös luoda myönteistä ilmapiiriä sivuvirtojen hyödyntämiselle. Jätelainsäädännöllä ja mm. sekoitevelvoitteella voidaan luoda mahdollisuuksia ja paineita sivuvirtojen käytölle. Sekoitevelvoitetta voidaan kuitenkin käyttää vasta siinä vaiheessa, kun sivuvirrat ovat turvallisia ja käyttökelpoisia, mikä vaatii teknologioiden kehittämistä ja haitallisten aineiden poistamista sivuvirroista.

**Taulukko 3.1. Kiertotalouden esteitä ja ajureita sekä ohjauksen mahdollisuuksia prosessiteollisuudessa.**

<b>Kiertotalouden este tai ajuri</b>	<b>Ohjauksen mahdollisuudet</b>
Kierrätysraaka-aineen ominaisuudet ja laatu: haitallisten aineiden välttäminen, materiaalien hygieenisuus ja turvallisuus, jatkojalostus	T&K-tuet tuotesuunnitteluun/jatkojalostukseen, prosessisuunnitteluun
Prosessien suunnittelu sellaisiksi, että kierrätysmateriaalit toimivat	T&K-tuet prosessisuunnitteluun
Kierrätysmateriaalin hinnan kilpailukyky	Verot neutraisille raaka-aineille
Materiaalien synnyn ja kysynnän rajallisuus ja maantieteellinen sijainti: sivuvirtoja syntyy hajanaisesti ja pieniä määriä, ja niiden hyödyntäjät ovat kaukana.	Tuki markkinapaikkojen kehittämiseen
Julkisen hankkijan rooli vauhdittajina ja markkinoiden luomisessa	Tuki hankinnoille, ainakin infarakentaminen,
Julkisen hankkijan rohkeuden puute: ei uskalleta kokeilla uusia ratkaisuja	Tiedon lisääminen, neuvontapalvelut
Lupaprosessien raskaus, End of waste -kriteerien puute	Lupaprosessien ja kriteerien selkeyttäminen ja kehittäminen

### 3.3 Teknologiatuotteet

Teknologiatuotteiden kenttä on hyvin laaja: niihin lukeutuvat esimerkiksi erilaiset tietoliikennelaitteet, sähkökoneet ja instrumentit sekä erilaiset koneet kuten hissit, laivat, moottorit, nosturit sekä metsä- ja maatalouden koneet. Teknologiateollisuutta on myös metallien jalostus, jonka tuotteet ovat monien teknologiatuotteiden raaka-aineita ja komponentteja. Lisäksi teknologiatuotteiden valmistukseen liittyy esimerkiksi ohjelmistojen kehittämistä, erilaisia tietokantoja sekä sisällön tuotantoa. (Teknologiateollisuus 2018)

Kiertotalouden näkökulmasta teknologiatuotteiden tarkastelua voidaan hyvin yleisellä tasolla jaotella teollisuuden käyttöön valmistettaviin koneisiin ja laitteisiin sekä kuluttajatuotteisiin. Suomessa on vahva konepajateollisuus, joka valmistaa tuotantovälineitä teollisuuteen. Koneiden ja laitteiden valmistus on bruttoarvonlisäyksessä mitattuna rakentamisen jälkeen merkittävin tuotannonala. Valmistuksen volyymit ovat kulutustuotteita merkittävästi pienemmät. Kuluttajien teknologiatuotteita ovat esimerkiksi suuret ja pienet kodinkoneet, tietokoneet, puhelimet ja muu elektroniikka, sekä sähkö- ja elektroniikkatyökalut. Teknologiatuotteet muodostavat merkittävän osan kotitalouksien kulutuksesta niin arvossa kuin tuotteiden sisältämien materiaalien määrässä mitattuna.

## Kiertotalouden nykytila ja muutostarpeet

Moninaisuudestaan huolimatta teknologiatuotteita yhdistää tuotesuunnittelun erityinen keskeisyys kiertotalouden toteuttamisen mahdollistajana. Teknologiatuotteet ovat kiertotalouden näkökulmasta erityisen merkittäviä siksi, että ne sisältävät erilaisia kriittisiä materiaaleja, ja usein myös hyvin monenlaisia komponentteja ja materiaaleja, mikä tekee materiaalien kierrätyksestä haastavaa. Teknologian kehityksen myötä laitteiden uudet ominaisuudet ja parempi suorituskyky voivat tehdä tuotteista vanhentuneita, vaikka ne olisivat mekaanisesti kestäviä. Tuotekehitys on keskeisessä roolissa näihin kaikkiin tekijöihin vaikuttamisessa. Tuotesuunnittelussa on tehtävä kuitenkin aina valintaa mahdollisesti keskenään ristiriidassa olevien suunnitteluvaatimusten välillä. Elinkaaren pidentämisen näkökulma voi olla ristiriidassa esimerkiksi energiatehokkuuden tai materiaalien haitattomuusvaatimusten kanssa.

Kiertotalouden periaatteiden mukaisessa tuotesuunnittelussa valitaan mahdollisimman haitattomia materiaaleja, minimoidaan kriittisten raaka-aineiden käyttöä ja huomioidaan kierrätysraaka-aineiden hyödyntämismahdollisuudet. Tuotteiden pitkäikäisyyttä voidaan edistää esimerkiksi suunnittelemalla tuotteet modulaarisiksi, jotta osia on mahdollista vaihtaa ja korjata, tai päivitettäviksi, jotta teknologian kehittyessä tuotteeseen on mahdollista tuoda uusimpia ominaisuuksia sen sijaan, että olisi hankittava uusi tuote. Lisäksi tuotteen kierrätettävyyden elinkaaren päässä varmistetaan jo tuotesuunnittelussa välttämällä hankalasti kierrätettäviä materiaaliyhdistelmiä ja suunnittelemalla tuotteet riittävän helpoiksi purkaa, jotta eri materiaali- ja komponentteja voidaan käyttää uudelleen.

Koska suuri osa kuluttajateknologiasta on tuontituotteita ja valmistus Suomessa on hyvin vähäistä, on tuotesuunnitteluun vaikuttaminen haastavaa ja perustuu lähinnä EU-sääntelyyn vaikuttamiseen sekä tuotestandardeihin. Yleisesti ottaen suomalaiset teknologiateollisuuden yritykset ovat suuntautuneet pääosin B2B-markkinoille, muutamaa mm. älykelloja tuottavaa yritystä lukuun ottamatta.

Yksittäisissä tuoteryhmissä kuluttajilla voi olla välillinen vaikutus tuotesuunnitteluun merkittävien kysyntämuutosten kautta (esimerkiksi kaupungistumisen myötä tilan puute kotona luo kysyntää vuokrauspalveluille, käytettyjen tuotteiden uudelleenkäyttö- ja kierrätysmahdollisuuksille). Lisäksi kuluttajat voivat ostopäätöksillään valita tuotteita, jotka ovat korjattavissa tai päivitettävissä, tai joilla on pitkä takuu-aika. Nämä pidentävät tuotteen käyttöikä. Samoin kuluttajat voivat valita laitteita, jotka ovat helposti purettavissa ja näin ollen kierrätettävissä. Kuitenkin kuluttajien on nykyisin vaikea saada tietoa siitä, ovatko tuotteet suunniteltu ja valmistettu kiertotalouden mukaisesti. Esimerkkinä kiertotalouden mukaisesta suunnittelusta ja liiketoimintamallista on modulaarinen ja korjattavissa oleva Fairphone. Kuluttajat voivat myös julkisen keskustelun ja ostopäätösten kautta aiheuttaa painetta korvata tiettyjä ongelmalliseksi koettuja materiaaleja muilla ja näin ollen vaikuttaa raaka-aineiden valintaan ja hankintaan. Tämä voi johtaa siihen, että pyritään käyttämään enemmän uusiutuvia, kierrätettyjä tai kestävämmiin tuotettuihin raaka-aineisiin.

Hankinta- ja kulutus päätöksiin voitaisiin vaikuttaa hinnoittelun avulla, esimerkiksi vaikuttamalla lyhytikäisten ja kertakäyttöisten tuotteiden hintoihin. Tällöin tulisi kuitenkin määritellä selkeästi kriteerit käyttöiän ja tuotteen kestävyys perustasolle, jotta hinnoittelua voitaisiin porrastaa. Kuluttajalle kuitenkin hinta ei ole ainut ostopäätöskriteeri, vaan tuotteesta saatava arvo koostuu sen tuottamasta hyödystä ja tunnetekijöistä (ajankäyttö, helppous, laatu, saatavuus jne.), ja näiden perusteella päätetään, hankitaanko tarvittava laite itselle, vuokrataanko se tai lainataanko se lähipiiristä (Antikainen ym. 2017). Kiertotalouden mukaisten teknologiatuotteiden hankintaan voitaisiin myös kohdentaa tukea (vrt. sähköpyörät ja -autot), mikä toisi kuluttajahinnan lähemmäksi tavanomaista ratkaisua.

Teollisuuden koneita ja laitteita taas suunnitellaan ja valmistetaan paljon Suomessa, mutta ympäristönäkökohtien huomioiminen näkyy myös jo merkittävässä määrin yritysten tuotepoliitikassa. Teknologiateollisuuden esimerkkiyrityksiä haastatteleamalla toteutetun selvityksen perusteella tuotesuunnitteluvaiheen toimenpiteet käyttöiän pidentämiseksi, kuten suunnittelu kestäväksi ja korjattavaksi ja modulaarinen suunnittelu, olivat yksi parhaiten omaksuttuja kiertotalouden osa-alueita. Selvityksen perusteella kiertotalousnäkökohtien huomioimisessa eniten kehittymisen varaa olisi suomalaisyrityksissä jakamistalouden ratkaisujen sekä tuote-palvelu-liiketoimintamallien kehittämisessä, käyttöiän jatkamiseen elinkaaren päässä kohdistuvien toimenpiteiden toteuttamisessa (esim. päivittäminen, uudelleenvalmistus, uudelleenmarkkinointi ja -käyttö), materiaali- ja energiatehokkuuden edistämässä sekä kiertotalouden mukaisessa toimitusketjun hallinnassa (esim. uusiutuvien, kierrätettyjen ja biohajoavien materiaalien käyttö). (Teknologiateollisuus 2016)

Kuluttajien teknologiatuotteiden osalta keskeisiä kiertotalouden muutostarpeita liittyy tuotteiden käyttöiän pidentämiseen huollon, päivittävyyden ja korjaamisen avulla, jakamistalouden lisääminen, elinkaaren lopussa olevien tuotteiden keräyksen tehostaminen kierrätykseen sekä kierrätysprosessien kehittäminen siten, että arvokkaat materiaalit saadaan niistä kustannustehokkaammin talteen.

Sähkö- ja elektroniikkalaitteet ovat Suomessa tuottajavastuun piirissä, mikä tarkoittaa, että tuottajalla on velvollisuus järjestää jätteiden keräys. Tuottajavastuun avulla pyritään ohjaamaan tuottajaa vähentämään jätemääriä ja suunnittelemaan laitteet mahdollisimman helposti kierrätettäviksi siirtämällä jätehuoltokustannukset tuottajan maksettaviksi. Tuottajavastuun vaikutus tuotesuunnitteluun on kuitenkin kiistanalainen, sillä jätehuollon kustannusten osuus tuotteen kokonaiskustannuksista voi olla pieni. (YM 2017b)

Kerätyn sähkö- ja elektroniikkaromun uudelleenkäyttö- ja kierrätysaste on suurimmassa osassa tuoteryhmistä yli 90 % ja sähkö- ja elektroniikkalaitteiden uudelleenkäyttö kokonaisuudessa on lisääntynyt selvästi, mutta sähkö- ja elektroniikkajätteen keräysaste ei ole kovin korkea. Erityisesti tietokoneiden, puhelinten ja muun elektroniikan keräysprosentti on varsin alhainen. (Pirkanmaan ELY-keskus, 2016) Tuotteiden kierrätyksessä ratkaisevaa on kuluttajien käyttäytyminen ja päätös toimittaa tuotteet kierrätykseen. Tuottajavastuu velvoittaa mahdollistamaan kierrätyksen, mutta kuluttajalla ei ole velvoitetta kierrättää. Kierrätysjärjestelmää olisi kehitettävä niin, että kierrättäminen olisi kuluttajalle mahdollisimman helppoa. Keinoja sähkö- ja elektroniikkalaitteiden keräysasteen lisäämiseen ovat kuluttajien käyttäytymiseen vaikuttaminen sekä tuottajavastuujärjestelmän kehittäminen. Kuluttajia voidaan ohjata informaatio-ohjauksella. Myös taloudellinen ohjaus on mahdollista esimerkiksi panttijärjestelmän avulla.

Elektroniikkaromun keräämisessä ja kierrätyksessä haasteena on kuitenkin myös jakeen heterogeenisyys ja materiaalien alhainen arvo. Tuotteiden sisältämien arvokkaiden raaka-ainesten määrät ovat pieniä ja niiden kustannustehokas talteenotto haastavaa. Valtakunnallisessa



jättesuunnitelmassa on määritelty toimenpiteitä sähkö- ja elektroniikkajätteen synnyn ehkäisyyn sekä kierrätyksen lisäämiseen. Osa esitetyistä toimenpiteistä liittyy taloudelliseen ohjaukseen:

- Ohjataan tutkimus- ja kokeilurahoitusta SE-laitteiden käyttöiän pidentämiseksi ja uudelleenkäytön mahdollistamiseksi
- Selvitetään laitteiden yhteiskäytön potentiaalia ja mahdollisuuksia käyttöasteen nostamiseksi
- Tutkimus- ja kokeilurahoitusta lisätään kriittisten raaka-aineiden ja arvokkaiden materiaalien talteen saamisesta ja potentiaalain arvioimisesta
- Lisätään tutkimus- ja kokeilurahoitusta haitallisten aineiden poistamisesta kierrosta

Kiertotalouden periaatteiden näkökulmasta kierrätyksen lisäämistä parempi vaihtoehto olisi saada lisättyä laitteiden myyntiä uudelleenkäyttöön. Sitran mukaan tässä voisi olla myös materiaali kierrätystä suurempi liiketoimintapotentiaali (Sitra 2014). Kunnossa oleville, käytöstä poistetuille tuotteille on jo nyt olemassa toimivia markkinoita, kuten netissä toimivat kauppa-paikat ja kirpputorit. Kierrätyskeskukset ottavat vastaan, korjaavat ja jälleenmyyvät käytöstä poistettuja laitteita. Teknologiatuotteiden uudelleenkäytön lisääminen ja käyttöiän pidentäminen edellyttäisivät kuitenkin korjaus- ja huoltotoiminnan lisääntymistä. Tietoa korjattujen ja huollettujen kodinkoneiden määristä ei tämän selvityksen puitteissa löytynyt, ja huolto- ja korjaustoiminnan lisäämisen taloudellista ja kiertotalouspotentiaalia on vaikea arvioida.

Tuotteiden korjaaminen tai huoltaminen on kuitenkin usein kalliimpaa kuin uuden ostaminen. Teknologiatuotteiden itsekorjattavuuteen liittyy varaosien saatavuuden ja turvallisuuden ongelmia, eivätkä tuotteet ylipäänsä ole purettavissa korjaamista varten. Huolto- ja korjaustoimintaan kannustaminen voisi olla mahdollista esimerkiksi laitteiden korjaamiselle annettujen alennettujen alv-kantojen kautta, mutta tämä edellyttäisi EU:n arvonlisäverodirektiivin muuttamista, mikä puolestaan edellyttää jäsenvaltioiden yksimielisyyttä. Alennettujen alv-kantojen soveltaminen yhteiskunnallisena ohjaustoimenpiteenä on todettu tehottomaksi ohjauskeinoksi, sillä veromuutosten vaikutukset palveluiden hintoihin ja kuluttajien käyttäytymiseen ovat aiemmissa kokeiluissa jääneet pieniksi (Kosonen 2015). Alennettu verokanta on myös vaikeasti kohdennettavissa ja mitoitettavissa tavoiteltuun toimintaan. Lisäksi alennetut alv-kannat vähentävät lisäksi arvonlisäveron neutraalisuutta, mikä voi haitata talouden toimintaa kokonaisuutena. Tämän lisäksi erilaiset poikkeukset lisäävät hallinnollista taakkaa ja kustannuksia sekä haittaavat sisämarkkinoiden toimivuutta. Nämä toimet voisivat motivoida kuluttajaa myös laadukkaampien ja korjattavissa olevien teknologiatuotteiden hankkimiseen.

Monet teknologiatuotteet ovat myös sellaisia, että niitä tarvitaan vain harvoin, eikä niitä näin ollen olisi välttämätöntä omistaa. Usein toistettu esimerkki on porakone, ja koneiden ja laitteiden vuokraamiseen, lainaamiseen ja leasingiin onkin olemassa erilaisia mahdollisuuksia (esim. jotkin kirjastot lainaavat pienlaitteita, Liiteri- ja muut työkoneiden ja -laitteiden vuokrauspalvelut). Pienkoneiden ja -laitteiden osalta jakamistalouden valtavirtaistumista ei kuitenkaan ole tapahtunut, vaikka esimerkiksi taloyhtiöt voisivat entistä enemmän hankkia pienlaitteita ja antaa niitä asukkailleen yhteiskäyttöön. Olisikin tarpeen selvittää sitä, mitkä tuotteet soveltuvat jakamiseen ja hyödyntää kokeiluja toimivien käytäntöjen ja mallien selvittämiseen. Kokeilujen taloudellinen tukeminen on tässä tärkeä taloudellinen ohjauskeino (mm. Kokeilevan Suomen pienkokeilut).

Teollisuuden teknologiatuotteissa merkittävä kiertotalouden muutospotentiaali liittyy modulaaristen tuotteiden, tuote-palvelu-liiketoiminnan ja uudelleentekemisen lisäämiseen. Lisäksi jakamistalouteen voisi liittyä mahdollisuuksia, mutta niiden potentiaali tulisi selvittää. Sitra on arvioinut uudelleentekemisen ja uusien palveluliiketoimintamallien lisäämisen tuovan konepajateollisuudelle noin 300 – 450 miljoonan euron liikevaihtopotentiaalın uusien palvelumallien ja uudelleentekettujen tuotteiden lisämyynnistä sekä 60 – 100 miljoonan euron säästöpotentiaalın modulaarisuuden lisäämisestä alan suurimmille toimijoille. (Sitra, 2014) Euroopan uudelleentekemisyhteistyön (European Remanufacturing Network, ERN) selvityksessä Euroopan nykyinen uudelleentekemismarkkina on arvioitu olevan 30 mrd. euroa, ja sen on arvioitu voivan kaksin- tai kolminkertaistua vuoteen 2030 mennessä. Koko Euroopan nykyisen uudelleentekemisen ilmastohyödyiksi arvioidaan 8,3 miljoonaa tonnia CO<sub>2</sub> ekv. (Parker ym. 2015)

Yhtenä haasteena on se, että Suomessa on vain vähän teknologiatuoteyrityksiä, joilla on sekä valmistus että markkinat kotimaassa. Tulisi selvittää potentiaaliset pk-yritykset, jotka voisivat laajentaa tuotteiden valmistuksesta ennakoivaan huoltoon tai uudelleentekemiseen perustuvaan liiketoimintaan myös ulkomaille (vrt. Kone ja ABB, joilla tällaista toimintaa syntynyt ilman ohjausta). Huolto- tai uudelleentekemispalveluiden perustaminen esimerkiksi ulkomaille vaatii riittävän tuotevolyymın myyntiä. Uudelleentekemisen lisäämiseksi yritysten tulisi kehittää uusia liiketoimintamalleja ja etenkin käänteistä logistiikkaa, eli käytettyjen tuotteiden keräilyä ja kuljetusta asiakkailta uudelleentekettäväksi. Lisäksi yritysten tulisi huomioida uudelleentekemisyhteistyö, useat käyttökerrat ja materiaalien kierrätys tuotesuunnittelussa. Taloudellisen ohjauksen keinoja uudelleentekemisen lisäämiseen voisivat olla erilaiset tutkimus- ja kehitystyön tuet tai rahoitus, tai verohelpotukset uudelleentekemistuille ja leasing-tuotteille. Myös julkisilla hankinnoilla voidaan edistää uudelleentekettujen tuotteiden markkinoiden syntyä.

## Johtopäätökset

Teknologiatuotteet ovat teknologian nopean kehityksen ja alati kasvavan roolinsa yhteiskunnassa vuoksi keskeinen tarkastelun kohde kiertotalouden näkökulmasta. Erilaiset teknologiatuotteet ovat läsnä lähes kaikissa muissa merkittävässä arvoketjuissa, ja uudet teknologiaratkaisut ovat osaltaan myös mahdollistamassa kiertotalouden edistystä. Teknologiatuotteet sisältävät usein kriittisiä materiaaleja, ja monimutkaisia eri materiaalien yhdistelmiä. Lisäksi niiden käyttöiän pituus ei riipu vain materiaalien kestävydestä. Teknologiatuotteiden kiertotalouspotentiaali on erilainen teollisuuden ja kuluttajien käyttöön valmistettavien tuotteiden arvoketjuissa.

Konepajateollisuus, joka valmistaa teollisuuden käyttöön erilaisia laitteita ja koneita, on kansantaloudellisesti merkittävä ala, jonka uudet liiketoimintamallit on nostettu aiemmissä selvityksissä yhdeksi keskeistä kiertotalouspotentiaalia sisältäväksi alueeksi Suomessa. Kotitalouksien kulutuksesta elektroniikka ja kodinkoneet muodostavat merkittävän osan, ja kiertotalouspotentiaalia liittyy tuotteiden käyttöiän pidentämiseen, käytön tehostamiseen sekä kierrätyksen tehostamiseen. Valtakunnallisessa jättesuunnitelmassa sähkö- ja elektroniikkaromu on yhtenä painopistealueena juuri tuotteiden sisältämien kriittisten materiaalien ja niiden hyödyntämispotentiaalın vuoksi.

Kuluttajatuotteiden osalta ohjaustarpeita voidaan nähdä keräysasteen nostamisessa, johon mahdollisia keinoja ovat kuluttajiin kohdistuva taloudellinen ohjaus, kuten panttijärjestelmät, tai tuottajavastuujärjestelmän kehittäminen esimerkiksi laitteiden ohjaamisessa uudelleenkäyttöön. Taloudellisen ohjauksen lisäksi informaatio-ohjaus on merkittävässä roolissa kuluttajien kierrätyskäyttämiseen vaikuttamisessa.



Materiaalien talteenoton kehittäminen on kuitenkin ratkaisevaa, jotta keräysasteen nostamisesta olisi hyötyä. Tutkimus- ja kehitystuet kierrätysprosessien kehittämiseen voisivat vauhdittaa uusien ratkaisujen syntymistä. Jos kustannustehokkaat kierrätysratkaisut löydetään ja SER-romun kerääminen tulee kannattavaksi, keräysaste kasvaa todennäköisesti markkinaehtoisesti.

Kuluttajatuotteiden käyttöä pidentäminen riippuu pitkälti tuotesuunnittelusta, johon on haastavaa vaikuttaa taloudellisella ohjauksella, sillä tuotteet ovat suurelta osin tuontituotteita. Vaikuttamiskeinot perustuvat pääasiassa EU-regulaatioon, kuten ekosuunnitteludirektiiviin ja tuotestandardeihin.

Jakamistalouden edistäminen taas vaatisi uudenlaisten alustojen kehittämistä, jotta tuotteiden jakaminen, lainaaminen ja vuokraaminen olisi kuluttajalle mahdollisimman helppoa ja toisi lisäarvoa ostamiseen verrattuna. Tässäkin informaatio-ohjauksella on roolinsa asenne- ja muutosmuutoksessa kohti omistamisen vaihtoehtoja. Kuluttajatuotteissa on arvioitu olevan merkittävää jakamistalouden potentiaalia, mutta myös teollisuustuotteiden osalta jakamistalouden potentiaali tulisi selvittää. Jakamistalouden ratkaisuja voitaisiin edistää esimerkiksi rahoittamalla erilaisia kokeiluja.

Teollisuustuotteiden merkittävin kiertotalouspotentiaali liittyy uudelleentekemiseen ja palvelukonsepteihin liittyviin liiketoimintamalleihin. Uudelleentekemistoimintaa on jo syntymässä jossain määrin markkinaehtoisesti, mutta sopivalla ohjauksella muutosta voisi olla mahdollista vauhdittaa. Uudelleentekemisen ja palveluliiketoiminnan haasteina on markkinoiden laajuus: yksittäisen yrityksen asiakkaat ja siten uudelleentekettävät tai huollettavat laitteet voivat olla hyvin hajallaan eri puolilla maailmaa. Käänteisen logistiikan kehittäminen ja korjaus- tai uudelleentekemistoiminnan investointikustannukset nousevat kynnyksysymyksiksi näiden toimintamallien yleistymisessä, varsinkin pienissä ja keskisuurissa yrityksissä. Uudenlaisten liiketoimintamallien syntymistä on mahdollista edistää esimerkiksi verohelpotusten tai tukien sekä rahoituksen ja investointilainojen avulla.

Teknologiatuotteiden osalta taloudellisen ohjauksen mahdollisuuksia ovat siis:

- Panttijärjestelmä tai tuottajavastuujärjestelmän kehittäminen kuluttajatuotteiden keräysasteen nostamiseksi
- Tuet kierrätysprosessien ja materiaalien talteenoton tutkimukseen ja kehitykseen
- Korjaus- ja huoltotoiminnan tuet tai kannustimet
- Rahoitus jakamistalouden kokeiluihin
- Tuet tai rahoitus uudelleentekemisen ja palveluliiketoimintamallien kehittämiseen

### **3.4 Rakennukset ja niiden käyttö**

Rakentaminen ja rakennukset ovat tärkeä osa Suomen kansantaloutta, ja rakennusten ylläpito, korjaaminen ja jätemateriaalien talteenotto ovat tärkeä osa maamme kiertotaloutta jo tänä päivänä. Pelkästään korjausrakentaminen on moninkertainen verrattuna Sitran tunnistamaan maamme kiertotalouden potentiaaliin. Lisäksi rakennusten ja infrastruktuurin purkamisesta syntyy isoja määriä jätettä. Monelta osalta näitä hyödynnetään jo kierrätyksen tai energiantuotannon kautta. Parantamisen varaa on edelleen ja alalta löytyy monenlaisia uusia ajatuksia kiertotaloustoimista. Haasteina ovat toisaalta hidas materiaalien ja komponenttien kierto, sekä hajanaiset ja taloudellisesti vähäarvoiset jätevirrat. Rakennusten kiertoaika on

pitkä, minkä vuoksi kiertoon tulevan purkujätteen koostumusta ei tunneta, mikä vaikuttaa kierrätettävyyteen. Uusia kiertotalousmahdollisuuksia tuntuu löytyvän pikemmin rakennusten elinkaaren pidentämisessä ja käytön laajentamisessa kuin perinteisessä materiaalien uudelleenkäytössä ja kierrättämisessä.

## Kiertotalouden nykytila

Korjausrakentaminen voidaan tarkastella osana Suomen kiertotaloutta. Sen avulla ylläpidetään maamme rakennuskannan kuntoa ja pidennetään rakennusten elinkaarta. Korjausrakentaminen on tänä päivänä jo merkittävä toimiala Suomessa. Sen arvo Suomessa oli vuonna 2016 7,6 mrd. €, mitä voi verrata uudisrakentamisen arvoon, joka samana vuonna oli 10,4 mrd. €. Korjausrakentamisesta asuinrakennusten osuus oli 48 %. (SVT 2017b) Näihin lukuihin sisältyvät korjaustoimet laajasti. Varsinaisia rakennusten elinkaaren pituutta lisääviä toimien osuus arvioidaan olevan n. 40 % (Holmijoki 2013). Yhteiskunnassa tapahtuvien muutosten takia yhä tärkeämmäksi teemaksi nousee tällä hetkellä rakennuskannan sopeuttaminen yhteiskunnan tarpeisiin. Vaihtoehtona on vanhan purkaminen ja uuden rakentaminen tilalle, tai vanhan rakennuksen muuttaminen uuteen käyttötarkoitukseen.

Toinen kiertotalouden keskeinen osa-alue on rakennusten ja infrastruktuurin purkamisesta syntyvän jätteen talteenotto ja hyödyntäminen. Pelkästään talonrakentamisessa syntyi vuonna 2011 2,2 miljoonaa tonnia jätteitä. Tästä hyödynnettiin tai toimitettiin esikäsittelyyn hyödyntämistä varten reilut 1,7 miljoonaa tonnia, eli kokonaiskierrätysaste oli 77 %. Vuonna 2011 käytiin ja käsiteltiin 1,3 miljoonaa tonnia mineraalijätteitä ja 100.000 tonnia metallijätteitä. Rakentamisen puuainejätettä hyödynnettiin energiana 250.000 tonnia ja kaatopaikalle sijoitettiin noin 250.000 tonnia rakennusjätteitä. (SVT 2017b) Puujäte hyödynnetään useimmiten energiana, mutta jonkin verran myös materiaalina esimerkiksi lastulevyn raaka-aineena, kompostoinnin seosaineena tai katteina. Metallijäte kierrätetään ja jalostetaan uudelleen raaka-aineeksi. Kiviaineksia käytetään materiaalina korvaamaan neitseellisiä raaka-aineita, murskana maarakentamisessa sekä täyttömaana ja kaatopaikkojen rakenteissa ja peitoissa. (Peittilä 2014)

Kiertotalouden kannalta haasteellista on, että luotettavaa ja ajankohtaista tietoa korjausrakentamisen ja purkutoiminnan jätemääristä ei ole saatavilla. Korjausrakentamisessa kuitenkin syntyy merkittävästi enemmän sekalaista jätettä kuin uudisrakentamisessa, jossa mineraalijäte on hallitseva jätejäte. (Salmenperä ym. 2016, Peittilä 2014). Rakennusten purkutyömailta tuleva puujäte luokitellaan tyypillisesti epäpuhtaaksi jätepuuksi, mikäli laatuajattelun avulla tai ominaisuustiedoin ei voida osoittaa, että puu ei ole kemiallisesti käsiteltyä. Tällaista materiaalia hyödynnetään tyypillisesti biopolttoaineena poltossa, kaasutuksessa tai nestemäisen polttoaineen valmistuksessa (Müller 2015).

Rakennusjätteen kierrätyksessä tulisi kehittää etenkin energiakäytölle vaihtoehtoisia, korkeamman jalostusasteen hyödyntämiskohteita puujätteelle, sekä selvittää sekalaisten jätteiden, kuten eristeiden, lasin, muovin ja komposiittien hyötykäyttämismahdollisuuksia. Tulevaisuudessa kierrätyksen haasteena tulevat olemaan myös sähkö- ja elektroniikkakomponentteja sisältävät rakenteet. (Salmenperä ym. 2016)

## Uudet kiertotaloustoimet

Rakentamisen alan kiertotaloustoimet voidaan ryhmittää kolmeen ryhmään. Ensimmäinen ryhmä keskittyy materiaalitehokkuuteen, toinen rakennusten käytön optimointiin, ja kolmas rakennuksen elinkaaren pidentämiseen. Materiaalitehokkuuden alueella halutaan korostaa

rakennusten suunnittelun merkitystä materiaalivalinnoissa ja elinkaaren eri vaiheiden erikoistarpeiden huomioimisessa. Rakentamisen aikana syntyvän jätteen määrään suhteen monet rakennusyhtiöt ovat onnistuneet parantamaan materiaalitehokkuuttaan ympäristöhallintajärjestelmillä, henkilöstön koulutuksella, jätemäärien mittaamisella ja seurannan siirtämisellä tuotantoon (Peittilä 2014). Syntypaikkalajittelu on myös nostettu esille keinona hyödyntää rakentamisesta ja purkamisesta syntyviä jätemassoja. Modulaarisesta rakentamisesta ja komponenttien suunnittelusta löytyy myös esimerkkejä. Level(s) on Euroopan komission laatima menetelmä rakentamisen resurssitehokkuuden mittaamiseen. Level(s) tarjoaa yhteisen pohjan rakennusten resurssitehokkuuden raportointiin ja viestintään. Tavoitteena on myös luoda yhteinen kieli ja käsitteistö kommunikaation tueksi. Suomessa kokeillaan VTT:n johdolla Levels-menetelmässä määriteltyä rakennusten purkuohjeistusta.

Rakennusten käytön optimoinnilla pyritään vähentämään raaka-aineiden kysyntää, säästämään yhteiskunnan rakennuskustannuksia ja luomaan talouskasvua vuokratulojen muodossa. Esimerkiksi pääkaupunkialueella on iso määrä tyhjiä toimistotiloja, joita ei käytetä lainkaan. Rakennuksia puretaan vähemmän kuin niitä jää käyttämättömiksi: vuositasolla rakennusten purkuaste on n. 0,25 % ja käyttämättömyyden aste 12,7 % rakennuskannasta. Purettavista rakennuksista suurempi osuus on ei-asuinrakennuksia. Purettavasta lattiapinta-alasta 76 % syntyy kaupungeista, ja myös kerrostaloasuntojen käyttämättömyys on keskittynyt kaupunkeihin. Noin puolet purkamisesta johtuu uudisrakentamisesta ja noin puolet muista syistä, esimerkiksi huonokuntoisuudesta (Huuha 2016). Uusiksi kiertotaloustoimiksi tarjotaan käytötarkoituksen muuttamiseen tähtäävä korjaustoiminta tai jakamistalous, jolla yleensä tarkoitetaan erilaisissa vertaisverkoissa tapahtuvaa vuokraamista, lainaamista ja muuta resurssien jakoa.

Elinkaarta pidentävistä kiertotaloustoimista keskeisiä ovat perinteiset korjausrakentamisen toimet. Eri rakennusosilla on eripituiset elinkaaret ja kuluminen vaihtelee. Ylläpidolla ja huoltotoimilla on merkittävä rooli pintamateriaalien, talotekniikan ja rakenteiden käyttöiän pidentämisessä. Uusiksi kiertotaloustoimiksi tarjotaan mm. erilaiset tuote-palvelukokonaisuudet ja leasing-sopimukset.

## **Tunnistettu kiertotalouden potentiaali**

Vaikka rakentamisen alalla on esitetty iso määrä uusia kiertotaloustoimia, konkreettista tietoa näiden keinojen potentiaalista on vaikeaa löytää. Monesta toimesta löytyy yksittäisiä esimerkkejä, mutta ei laajempaa taustatietoa. Aikaisemmista tutkimuksista tunnistettiin kaksi kiertotalouden osa-alueita, jossa 5- 10 vuoden tähtäimellä voi olla huomattava taloudellinen merkitys. Sitra on omissa kiertotalouskartoituksissaan tunnistanut keskeiseksi kiertotaloustoimeksi pääkaupunkiseudun tyhjiä toimistotilojen käyttötarkoituksen muuttaminen asuinrakennuksiksi, ja konsulttiyritys PwC (2017) arvioi, että majoitus- ja tilapalveluista kasvaa merkittävä jakamistalouden markkina vuoteen 2020 mennessä. Näiden kahden potentiaalien hyödyntämisen edellytyksenä asiantuntijat pitävät sääntelyn muuttaminen uusia kiertotalouden toimintamalleja tukeviksi. Tarvetta taloudellisten ohjauskeinojen hyödyntämiseen ei nostettu esille.

Rakennuskannan käytön optimoinnissa on tunnistettu merkittävää kiertotalouspotentiaalia (Korhonen ym. 2018, Huuha 2016). Rakennusten käyttöastetta parantamalla voitaisiin vähentää raaka-aineiden kysyntää, säästää yhteiskunnan rakennuskustannuksia ja luoda talouskasvua vuokratulojen muodossa. Esimerkiksi pelkästään Helsingin alueella olevan tyhjän toimistotilan määräksi on arvioitu 1,25 miljoonaa m<sup>2</sup>, ja jo kolmasosan tästä tilasta muuttamisen asuntokäyttöön rahalliseksi arvoksi 255 miljoonaa euroa vuodessa. Tämän potentiaalın toteuttamista ja tilojen käyttötarkoituksen muuttaminen edellyttäisi sääntelyn purkamista. (Siträn selvityksiä 84) Lisäksi tilankäytön tehostaminen vaatii uusia innovatiivisia ratkaisuja, kuten

erilaisia joustavien tilojen konsepteja. Tilojen käyttöä voitaisiin myös hinnoitella eri tavoin ruuhka-aikoina ja hiljaisina tunteina. Tilojen käytön optimointia helpottavaa käyttäjämäärien seuraamista olisi mahdollista toteuttaa erilaisten sensori- ja muiden langattomien teknologioiden avulla. (Linkola/FIGBC)

Jakamistaloudella yleensä tarkoitetaan erilaisissa vertaisverkoissa tapahtuvaa vuokraamista lainaamista ja muuta resurssien jakoa. Esimerkkinä rakennusten jakamistaloudesta on AirBnB –palvelu, jossa ihmiset voivat vuokrata asuntoja lyhytaikaiseen käyttöön. Monissa kaupungeissa AirBnB-toimintaa on säädelty. AirBnB:n käyttö on johtanut esimerkiksi asuntojen hintojen nousuun suosituissa matkailukaupungeissa.

Konsulttifirma PwC:n kartoituksen mukaan Suomessa myytiin vuonna 2016 noin 20 miljoonan edestä majoitukseen ja tiloihin liittyviä jakamistalouspalveluita. Heidän arvionsa mukaan tämä markkina kasvaa lähes kymmenkertaiseksi, eli 208 miljoonaan euroon vuoteen 2020 mennessä. Samana vuonna kotitalous- ja pienoiden markkinapotentiaalin arvioitiin olevan noin 250 miljoonaa euroa (PwC 2017).

Muista rakentamiseen liittyvistä kiertotaloustoimista keskeinen osa liittyi rakennusten suunnittelun kehittämiseen. Ajatuksena on, että rakennusten suunnittelussa voidaan vaikuttaa rakentamisen aikaisten jätevirtojen hallintaan, käyttöikään, monikäyttöisyyteen ja muunneltavuuteen sekä purkuvaiheen jätteiden ja materiaalien kierron tehostamiseen. Tästä toimintamallista oli kuitenkin hyvin vaikeaa löytää konkreettista, tutkittua tietoa. Empiirinen tieto esimerkiksi modulaarisesta rakentamisesta tai kierrätettävien komponenttien hyödyntämisestä perustui pääasiassa yksittäisiin tapauksiin. Vasta-argumentteja tällaiselle kiertotaloustoimelle esitettiin KIMAT-haastatteluissa rakennusten pitkä elinkaari, joka tekee tulevaisuuden tarpeiden ennustaminen hyvin vaikeaksi.

## Betonin kierrätys

Nykyisten ohjauskeinojen vaikutuksia arvoketjujen eri vaiheissa oleviin toimijoihin selvitettiin yritys- ja teollisuusliittojen edustajien haastattelujen kautta. Rakentamisen alalta tarkastelun kohteeksi valittiin betonin arvoketju. Valinnan lähtökohtana oli Sitran tiekartassa esitetyt arviot toimialojen taloudellisesta potentiaalista. Lisäksi haettiin keskeisten alojen sisältä kiertotalouden kannalta merkittäviä materiaalivirtoja. Suomessa syntyvän betonijätteen määrä oli keskeinen valintapäätökseen johtanut tekijä.

Arvoketjussa tehtiin kuusi yrityshaastattelua. Lisäksi haastateltiin rakennusteollisuudesta kolme teollisuusliittojen ja asiantuntijaorganisaatioiden edustajaa. Yhdessä haastattelussa haastateltavana oli kaupungin rakennustoimen edustaja. Haastattelujen tavoitteena oli selvittää käytössä olevien ohjauskeinojen ohjausvaikutusta arvoketjujen eri vaiheissa sekä tunnistaa kiertotalouden keinojen ja tavoitteiden ajureita ja esteitä arvoketjuissa. Haastattelujen pohjalta on analysoitu nykyisten ohjauskeinojen kokonaisvaikutusta valituissa kohdearvoketjuissa sekä mahdollisten uusien ohjauskeinojen vaikutusta kiertotalouden tavoitteiden saavuttamiseksi.

Rakennusten purkamisesta syntyy isoja jätevirtoja. Volyymiltään isoin virta koostuu betonijätteestä, mutta lisäksi syntyy seka-, puu-, muovi- ja metallijätettä. Betonia tuotetaan Suomessa noin 10 miljoonaa tonnia vuodessa ja betonijätettä syntyy noin miljoona tonnia vuodessa. Jätettä syntyy pääasiassa betonirakenteiden purkamisesta, mutta myös betonituotannon sivuvirtana syntyy hyödynnettävää sivutuotetta. Jätteestä kierrätetään tällä hetkellä noin 80 prosenttia. Tuotteistettuun liiketoimintaan ohjautuu tällä hetkellä noin puolet jätevolyyymistä. Kier-

totalouden kannalta kiinnostava lisäpotentiaali on rajallinen. Betonijätteen hyödyntämispotentiaali arvioitiin KIMAT-hankkeen case-tarkastelun pohjalta noin 100 miljoonaksi euroksi vuodessa. Lisäpotentiaali hyödyntämistason ja lopputuotteiden lisäarvon korotuksen kautta rajoittui laskelmien mukaan noin 20 miljoonaan euroon vuodessa. Betonin osalta tähän vaikuttaa keskeiseksi materiaalin alhainen hintataso. Betoni kuljetus on merkittävä kustannustekijä ja sen vaikutus koko toimintaan on suuri. Kuljetuskustannusten takia betonijätteen käsittely on maantieteellisesti rajatulla alueella tapahtuvaa toimintaa.

Betonijätteen hyödyntämistä ohjaa keskeisesti jätevero, ympäristöluvat ja maarakentamisen ns. MARA-asetus. Jäteveron myötä betonijätteet on ohjautunut hyötykäyttöön maarakentamisessa. Jätteen vastaanotto- tai porttimaksujen avulla jalostetaan betonijätteistä maarakentamiseen sopivaa materiaalia. Ympäristöluvan kautta jätteitä voi käyttää maarakentamisessa murskauksen ja ympäristölle haitallisten materiaalien poistamisen jälkeen. MARA-asetus mahdollistaa jätemateriaalien hyödyntämistä keveämmän ilmoituskäytännön kautta, mutta se edellyttää jätteiden monipuolisempaa käsittelyä ennen hyödyntämistä. Uusi vuonna 2018 voimaan astunut asetus tukee tätä kautta jätteen jatkojalostusta esimerkiksi CE -merkityksi betonimurskeeksi. Pienten toimijoiden osalta uusi MARA-asetus on kuitenkin tuonut haasteita vaatimalla, että betonin murskaus tapahtuu erillisellä purkutyömaalla.

Haastatteluissa korostettiin, että betonin kierrätyksen kehittämiseksi ei teollisuuden puolelta nähdä tarvetta uusille taloudellisille ohjaustoimille. Korostettiin nykyisten ohjauskeinojen hyödyntämistä ja betonijätteen hyödyntämistä koskevan regulaation kehittämistä tai osittain poistamista. Betonin hyödyntämistä rajaa keskeisesti materiaalin luokittelua jätteeksi. Julkisissa hankinnoissa jätestatus on koettu haasteeksi mm. tiedonpuutteen takia. Myös kuntalaisten valitusoikeus hidastaa jätteestä valmistetun materiaalin hyödyntämistä julkisissa kohteissa. Tällä hetkellä valmistellaan betonille End-of-Waste säädöstä betonijätteen hyödyntämisen helpottamiseksi.

Haastatteluissa tuotiin esille, että jäteveron korottaminen voisi olla keino varmistaa, että suurempi osa betonin potentiaalista tulee hyötykäyttöön lähivuosina. Lisäksi tarvitaan tietotusta materiaalin hyödyntämisestä etenkin julkisten hankintojen yhteydessä. Jätemateriaalin kysynnän ja käytön lisäämiseksi olisi tarvetta myös sitä hyödyntävien tuotteiden kehittämiseksi, mihin voidaan kohdentaa T&K -tukia.

## **Kuluttajien rooli rakennusalan kiertotaloudessa**

Kuluttaja on asuntonsa käyttäjänä ja omistajana keskeinen rooli kiertotaloudessa. Kuluttaja käyttää merkittävän osan tuloistaan asumiseen; asunnon hankkimiseen, kunnostamiseen ja korjauttamiseen. Omistusasunnot ovat keskeisiä osia suomalaisten omaisuutta. Vaikka kuluttaja ei aina ole mukana päättämässä, miten rakennetaan, hän vaikuttaa rakennuskantaan valinnoillaan ja päätöksillään rakennuksen elinkaaren aikana. Tässä tarkastellaan kuluttajien roolit rakennuksen elinkaaren eri vaiheissa.

*Raaka-aineet ja tuotesuunnittelu.* Kuluttajalla on rakentamisen raaka-ainevalintojen osalta roolia lähinnä pientalojen uudis- ja korjausrakentamisessa sekä rivi- ja kerrostalojen osalta pintojen ja sisustuksen materiaalivalinnoissa. Materiaalivalintojen vaikutusmahdollisuuksia voivat rajoittaa mm. rakennuslupa ja kaavamääräykset.

Internetin vertaiskauppapaikoissa (esimerkiksi Tori.fi ja Huuto.net) sekä myös julkisissa ja yksityisissä käytettyjen tavaroiden ja materiaalien myyntipaikoissa (esimerkiksi kierrätyskeskukset, ekotorit, rakennuspankit) on saatavilla käytettyjä, kunnostettuja ja kierrätettyjä rakennusmateriaaleja ja -tarvikkeita. Pientalorakentamisen kiertotalouden mukaisista materiaaleista ja

komponenteista kuten uudelleenkäytetyt rakennusosat tai kierrätetyt rakennusmateriaalit ei ole tarjolla riittävästi tietoa. Usein käytettyjen materiaalien hyödyntäminen vaatii rakentajalta perehtymistä ja vaivannäköä sekä uusien ja vanhojen osien yhteensovittamista. Vanhojen rakennusten entisöinnissä hyödynnetään enemmän kierrätettyjä materiaaleja ja osia.

Kuluttajilla ei ole myöskään riittävästi tietoa kierrätystä hankaloittavien, haitallisia aineita sisältävien raaka-aineiden välttämisestä. Joidenkin tuotteiden sisältämät materiaalit eivät tue kiertotalouden pyrkimyksiä, mutta niitä suositaan esimerkiksi ulkonäöllisistä syistä tai helppokäyttöisyytensä takia.

*Rakentaminen.* Talonrakentamisessa kuluttajan mahdollisuus vaikuttaa materiaalihävikkiin voi olla vähäinen, ellei hän itse rakenna tai toimi rakennuttajana. Rakennusten sijoittumiseen vaikuttavat monet tekijät kaavoituksesta lähtien, mutta myös ihmisten elintavoilla ja kulutustottumuksilla on merkitystä.

*Rakennusten käyttö.* Kuluttaja voi merkittävimmin edistää kiertotalousratkaisuja rakennuksen käyttövaiheessa. Huoltamalla ja korjaamalla asuntoaan tai taloan kuluttaja voi vaikuttaa sen materiaalien ja osien käyttöikänsä. Myös välttämällä turhaa remontointia lisätään käyttöönottujen materiaalien "elinikä".

Uudet tai uusvanhat, jakamistalouteen ja yhteisöllisyyteen liittyvät asumisen konseptit (esimerkiksi taloyhtiöiden yhteiset tilat, AirBB -toiminta, yhteisöasuminen) saattavat tehostaa rakennusten käyttöä ja vähentää rakennettavien neliöiden tarvetta. Myös ulkoistetut varastotilapalvelut voivat vähentää asuntojen tilan tarvetta, mutta lisätä toisaalla rakennusneliöitä.

*Rakennuksen purku.* Kuluttajan vastuulla on viedä pienrakentamisessa syntyvät rakennusjätteet asianmukaiseen käsittelyyn. Kuluttajan vastuulla on myös valita purkutöihin yritys, joka toimii lakien ja velvoitteiden puitteissa. Kiertotalouden toimintamallit korjaamisessa ja purkamisessa vaativat kuluttajalta vaivannäköä. Hyväkuntoiset ja kunnostettavissa olevat osat voi viedä kierrätyskeskukseen ja rakennuspankkeihin tai myydä tai lahjoittaa esimerkiksi nettikirpputorilla. Näiden palvelujen käytön helppous voi ratkaista, kuinka laajamittaisesti kuluttajat toimittavat käyttökelpoisia tuotteita ja materiaaleja hyödynnettäväksi.

## Johtopäätökset

Rakennusala ja erityisesti korjausrakentaminen on, kuten alussa jo todettiin, merkittävä osa Suomen kiertotaloutta. Rakennuskannan ylläpitämiseen käytetään lähes kymmenen miljardia euroa vuodessa ja rakennuskannan vanhetessa se tulee varmasti kasvamaan. Isosta volyyminä huolimatta alalta löytyy edelleen merkittäviä uusia liiketoimintapotentiaaleja. Rakennusten elinkaaren pidentämiseen ja käytön tehostamisen alueelta on tunnistettu satojen miljoonien eurojen potentiaaleja. Tutkimusten mukaan tämän potentiaali käyttöönotto ei edellytä taloudellista ohjausta, mutta rakennusten käyttöä koskevan regulaation muuttaminen on tarpeen.

Rakennusten purkamisesta syntyy isoja volyymejä jätettä. Keskeisenä haasteena on jätteiden ja vastaavien neitseellisten materiaalien alhaiset hinnat sekä heikko ja epätasainen laatu. Jätevero, jätemaksut, ympäristöluvut ja MARA-asetus luovat taloudellisen tilan näiden jätemateriaalien kierrätysliiketoiminnalle. Käytössä olevat ohjauksen ansiosta kierrätysaste on monien materiaalien osalta jo suhteellisen korkealla tasolla. Jätepuun hyödyntämiseen vaikuttaa hinnan lisäksi materiaalin heikko laatu. Uusiotuotteiden hinnat ovat monesta syystä alhaiset



ja niiden nostamiseen voidaan vaikuttaa mm. regulaation muutoksilla ja arvoketjun eri osapuolten informoinnilla. End-of-Waste-menettely ja CE-merkintä tukevat uusiomateriaalien kaupallistamista.

Modulaarinen rakentaminen ja komponenttituotanto on nostettu esille mahdollisina rakennusalan kiertotaloustoimina, mutta rakennusten ja infrastruktuurin pitkän elinkaaren takia on osoittautunut vaikeaksi ennustaa tulevia tarpeita ja hallita käytettyjen osien laatua.

Kuluttajat ovat yksityisten ja julkisten rakennusten käyttäjien ja omistajien rinnalla keskeisessä asemassa rakentamisen kiertotaloudessa. Jonkin verran kuluttaja voi vaikuttaa esimerkiksi asumisen kustannuksiin, mutta pääroolissa ovat alan yritykset. Rakennuksen käyttövaiheessa kuluttaja voi hyödyntää kotitalousvähennystä kotinsa kunnostamiseen. Pienrakentamisessa, korjaamisessa ja purkuvaiheessa kuluttajan voi viedä hyväkuntoiset materiaalit ja osat kierrätyskeskukseen tai rakennuspankkeihin. Tätä toimintaa ohjaavat mm. jätevero ja maksut.

### 3.5 Pakkaukset

Pakkausmateriaalien kierrätysvaatimusten tiukentuminen on ajankohtainen uudistus, ja pakkausmateriaalit, erityisesti muovi, ovat viime aikoina nousseet enenevässä määrin myös kuluttajien keskusteluun erilaisten kampanjoiden kautta. Myös tässä tutkimuksessa tarkastelun kohteena ovat olleet erityisesti muovipakkaukset, jossa annettu kierrätystavoite on kenties vaikeimmin saavutettavissa, mutta toisaalta taloudellista potentiaalia arvioidaan olevan muita materiaalityyppejä enemmän. Pakkausmateriaalimäärien ennakoidaan kuitenkin tulevaisuudessa kasvavan lähes kaikissa materiaalityypeissä, mikä lisää niiden taloudellista hyödyntämispotentiaalia. Pursula et al. (2015) arvioivat pakkausten kokonaismäärän kasvavan vuosien 2012-2030 välillä keskimäärin 1,4 prosenttia vuodessa, noin 900 000 tonniin. Tästä syntyvä jätevirta on merkittävä sekä volyymiltään, että vaikutukseltaan ympäristöön.

#### Kiertotalouden nykytila pakkausalalla

Suomessa tilastoidaan markkinoille saatettuja pakkauksia vuosittain yli 700 000 tonnia (ELY-keskus 2017). Tilastollisesti markkinoille saatettujen pakkausten määrä vastaa vuosittain syntyneen pakkausjätteen määrää. Todellinen pakkausjättemäärä on kuitenkin noin 100 000 tonnia tilastoitua arvoa suurempi, sillä luvuista puuttuvat esimerkiksi pienet tuottajavastuujärjestelmän ulkopuoliset yritykset sekä kuluttajien ulkomaiset verkko-ostokset (Jokinen et al. 2015).

Pakkausjätteiden kokonaiskierrätysaste oli Suomessa vuonna 2015 61 %, mikä oli yli EU:n asettamaa tavoitetasoa. Vain puun osalta kierrätysaste oli sinä vuonna EU:n asettamaa tavoitetasoa alapuolella. Puupakkausten osalta kierrätysaste on viime vuosina jopa laskenut, kierrätysasteen ollessa vielä 2000-luvun lopussa yli 20 prosenttia. Toisaalta uudelleenkäytettyjen puupakkausten määrä on viime vuosina kasvanut, joka osaltaan selittää kehitystä. Muita syitä puupakkausten kierrätysasteen alenemiseen ovat aiempien tutkimusten mukaan erityisesti kasvava kysyntä energiateollisuuden raaka-aineeksi, pitkät välimatkat sekä toisaalta neitseellisen sahatavaran hyvä saatavuus (Myller 2015, s.26).

**Taulukko 3.2. Kierrätysasteet ja tavoitteet pakkausmateriaaliryhmittäin (RINKI 2018, Pirkanmaan ELY-keskus 2017)**

Materiaali	Syntynyt pakkausjäte 2015, t	Kierrätysaste 2015, %	Nykyinen tavoite, %	Tavoite 2025, %	Tavoite 2030, %	Uudelleenkäyttöaste 2015, %
<b>Muovi</b>	116 530	24	22,5	50	55	68
<b>Paperi/kartonki</b>	250 121	112	60	75	85	3
<b>Puu</b>	222 757	13	15	25	30	57
<b>Metalli</b>	48 560	84	50	70	80	91
<b>Lasi</b>	75 846	80	60	70	75	21
<b>YHTEENSÄ</b>	713 814	61	55	65	70	60

Keskeinen kierrätysasteeseen vaikuttanut ohjauskeino on tuottajavastuujärjestelmä. Tuottajavastuun alaisen materiaalin keruun painopiste on tähän asti ollut teollisuuspakkausten keräämisessä. Pääsääntöisesti kuluttajilta tuleva kierrätysmateriaali on sekalaista ja siten vähempiarvoista, kun taas yrityksiltä saatava materiaali on puhtaampaa, tasalaatuisempaa ja arvokkaampaa. Lisäksi teollisuuspakkauksissa määrät ovat usein suurempia. Teollisuudesta tulevan jätemateriaalin kerääminen on myös riittänyt täyttämään toiminnalle asetettuja kierrätystavoitteita. EU:n uudet tavoitteet odotetaan muuttavan tilannetta sekä teollisuus- että kuluttajapakkausten osalta.

Toinen muovipakkausten hyödyntämistä ohjaava keino on Suomen Palautuspakkaus Oy:n ylläpitämä juomapakkausten palautusjärjestelmä PALPA. Ylläpitäjän tehtävänä on järjestää järjestelmiinsä kuuluvien pakkausten talteenotto, sekä kierrätys tai uudelleenkäyttö. Lisäksi PALPA huolehtii palautusjärjestelmiinsä kuuluvien panttien hallinnoinnista, järjestelmiensä kehittämisestä sekä toimintaansa liittyvästä tiedottamisesta.

Pakkausmateriaalien tulevien vuosien kiertotalouskehitystä ohjaa ennen kaikkea EU:n pakkausjätedirektiivi ja sen muutokset. Keskeisimmät uudistukset liittyvät pakkausmateriaalikohtaisiin kierrätystavoitteisiin vuosille 2025 ja 2030. Tavoitteet on esitetty tarkemmin Taulukossa 3.2. Suomen kannalta merkittävää on erityisesti muovi- ja puupakkausjätteen kierrätysasteen kiristyminen, joissa molemmissa kierrätysaste yli kaksinkertaistuu vuoteen 2030 mennessä nykytasoon verrattuna. Muissa pakkausmateriaaliryhmissä nykyinen kierrätystaso riittää täyttämään jo vuoden 2030 tavoitetaso. Lisäksi kiristyvien yhdyskuntajätteen kierrätystavoitteiden myötä myös tuottajanvastuunalaisiin pakkauksiin kohdistuu paineita kierrätyksen lisäämiseksi.

### **Elintarviketeollisuuden pakkausten kierrätys**

Elintarvikkeiden pakkaukset valittiin KIMAT-hankkeessa tarkempaan tarkasteluun. Valintaa vaikutti elintarvikkeiden kokonaisvolyymi, mutta myös niiden kytkentä kiertotalouden kannalta keskeiseen ruokahävikkiin ja muovin kierrätykseen. Arvoketjussa toteutettiin yh-



teensä yhdeksän haastattelua kuudessa yrityksessä ja lisäksi haastateltiin kolme teollisuusliiton ja asiantuntijaorganisaation edustajaa. Yrityshaastattelut kattoivat arvoketjun alkupäässä elintarviketeollisuutta, kauppa ja jakelua, ja loppupäästä jätteiden keräystä ja kierrätyksestä vastaavia yrityksiä ja organisaatioita. Haastatteluiden tavoite ja toimintatapa olivat samat kuin betoniarvoketjussa. Kuten pakkausten tarkastelu yleensä, myös elintarvikepakkausten tarkastelu keskittyi erityisesti muovipakkauksiin. Tässä luvussa vedetään yhteen haastateltavien näkemykseen kiertotalouden vahvistamiseen elintarvikepakkausten alueella.

Elintarviketeollisuus saattoi vuonna 2014 Suomen markkinoille noin 188 500 tonnia pakkauksia (ETL 2014). Tämä on noin neljänneksen kaikista markkinoille saatetuista pakkauksista. Samaan aikaan elintarviketeollisuudessa uudelleenkäytettiin pakkausmateriaalia yhteensä laskennallisesti 509 400 tonnin edestä. Pakkauksista suurin osa oli paperia, pahvia tai kartonkia (70 000 t). Volyyimiltään toiseksi suurin pakkausmateriaali oli lasi (44 000 t) ja kolmantena muovi (33 000 t). Puu (21 000 t) ja metalli (20 000 t) olivat seuraavina suurin piirtein samalla tonnimäärällä (ELY-keskus 2017, RINKI).

Elintarvikepakkauksen perustehtävä on suojata pakattua elintarviketta koko logistisen arvoketjun aikana ja estää ruokahävikkiä. Pakkauksen tulee suoriutua mekaanisesta käsittelystä sekä tuotteen suojaamisesta mm. ulkopuolelta tulevalta liialta, valolta, kosteudelta sekä hapelta. Myös itse pakkauksesta elintarvikkeeseen vapautuvien ainesosien sallitusta raja-arvosta on säädetty yksityiskohtaisesti tiettyjen aineiden ja pakkausmateriaalien osalta (esim. muovipakkaukset asetuksella EU 10/2011). Vastaavasti pakkauksen on suojeltava ympäristöään pakatun tuotteen mahdollisilta vaikutuksilta. Pakkauksen merkinnöistä on myös saatava tarvittavat elintarvikkeen asianmukaista käyttöä koskevat tiedot (EY 1935/2004). Pakkauksen monipuolisen perustehtävän takia pakkauksissa käytetyiltä materiaaleilta vaaditaan monipuolisuutta. Usein käytetään monikerrosmateriaaleja.

Elintarvikepakkauksen kyky suojata elintarviketta vaikuttaa merkittävästi elintarvikkeen säilyvyyteen ja sitä kautta ruokaketussa tapahtuvaan ruokahävikkiin. MTT arvioi Suomen elintarviketun ruokahävikkimääräksi yhteensä 335 - 460 miljoonaa kiloa (Silvennoinen et al. 2012). Sitran arvion mukaan ruuan arvoketjussa on saavutettavissa 150-200 miljoonan euron säästöpotentiaali, mikäli keskimääräinen hävikkimäärä puolittuisi sekä kotitalouksien että ruokapalveluiden osalta (Sitra 2014). Näiden tavoitteiden saavuttaminen ohjaavat keskeisesti elintarvikepakkausten suunnittelua.

Elintarvikepakkausista merkittävä osa on kuluttajapakkauksia, jotka elintarvikkeen kulutuksen yhteydessä muuttuvat jätteiksi. Materiaalien kierrätyksen kannalta kuluttajapakkauksista syntyvä jäte on haasteellista heterogeenisyytensä takia. Jätevirrat syntyvät hyvin ohuina ja likaisina. Lisäksi materiaalit voivat olla monikerroksisia, jotka tekevät eri materiaalien erottelun haastavaksi. Kotitalouksien jätehuolto on kuntien ja kaupunkien vastuulla, ja järjestetään tyypillisesti erillisenä teollisuuden jätevirtojen kanssa.

Kuten pakkauksissa laajemmin, myös elintarvikepakkausia ohjaa tuottajavastuujärjestelmä. Järjestelmä koetaan arvoketjun yrityksissä pääsääntöisesti hyvänä, vaikka siinä koetaan vielä olevan kierrätystavoitteiden saavuttamista vaikeuttavia aukkoja. Muut merkittävät kehityskohdat liittyivät pakkausmuovin kierrätykseen tarvittavaan lisäkapasiteettiin ja markkinaimun puutteeseen. Alla lista keskeisistä kehityskohteista.

Haastatteluissa keskeisiksi kehityskohteiksi nousivat:

- tuottajavastuujärjestelmän kehittäminen
  - järjestelmän sopimuskäytäntöjen laajentaminen mm. kauppaketjujen kauppoihin ja etäkaupan tuomien aukkojen korjaaminen
  - elintarvikepakkausten kierrätettävyyden huomioiminen tuottajien maksuissa maksuissa
  - informaatiokulun parantaminen
  - jätteiden laskentatavan uudistaminen
  - polttoputken katkaiseminen
- muovin kierrätyskapasiteetin laajentaminen ja monipuolistaminen
- uusiutuotteiden kehittäminen ja valmistuksen laajentaminen

Tuottajavastuujärjestelmä koetaan arvoketjun yrityksissä hyvänä, keskitettynä järjestelmänä, joka on yksinkertaistanut jätehuoltoa yritysten näkökulmasta. Järjestelmässä nähdään kuitenkin vielä aukkoja, jotka vaikeuttavat kierrätystavoitteiden saavuttamista ja joiden myötä tuottajavastuussa olevat yritykset ja organisaatiot joutuvat kantamaan vastuuta ja kustannuksia myös oman toiminnan ulkopuolelta tulevista jätevirroista. Esimerkkeinä tällaisista aukoista järjestelmässä haastatteluissa mainittiin mm. EU:n ulkopuolelta tuleva etäkaupan tuoma pakkausjäte. Tämän ulkopuolisen materiaalin osuus ja kierrätettävyyden olennaisia tekijöitä kustannusrasitteessa, joka koituu tuottajavastuun piirissä oleville toimijoille.

Myös kotimaisessa verkostossa on toimijoita, joiden sisällyttäminen järjestelmään voisi nostaa kierrätetyn materiaalin volyymiä. Haastatteluissa mainittiin mm. että kauppaketjujen kaupat eivät ole tuottajavastuun piirissä. Kauppiat voivat tällä hetkellä valita mitä tekevät kauppaketjun kautta tulevan pakkausjätteensä kanssa. Haastateltavan mukaan tärkeä asia olisi myös, että paikallisiin jätehuoltomääräyksiin kirjattaisiin mukaan myös muovi. Esimerkiksi aaltopahvista on usein maininta, mutta muovista ei. Paikallinen jätehuoltomääräys kuitenkin ohjaa kauppiasta.

Haastattelussa ehdotettiin tuottajavastuujärjestelmän kierrätysmaksujen porrastaminen pakkauksen kierrätettävyyden mukaan. Puupakkauksissa järjestelmä on jo olemassa, mutta muovin kohdalla kierrätysmaksu on sama riippumatta siitä, miten helposti pakkaus on kierrätettävissä. Suomessa tuottajavastuujärjestelmän kustannukset ovat kansainvälisesti katsottuna maltilliset, ja hinnoissa nähtiin nousupainetta kierrätystavoitteiden kiristyessä.

Nykyisessä järjestelmässä koetaan ongelmalliseksi myös kierrätysasteen laskentatapa, jonka mukaan kierrätys lasketaan kierrätyslaitoksen portin sisään viedyn jättemateriaalin perusteella - ei laitoksesta ulostulevan materiaalin perusteella. Nykyinen järjestelmä johtaa siihen, että jätteitä kerätään vain sen verran kuin tuottajavastuujärjestelmä edellyttää. Ohuesta ja heterogeenisestä jätevirrasta kierrätyslaitos ei pysty optimoimaan tuotantoaan ja kehittämään lopputuotteen laatua. Regulaatioissa olisi tärkeää ohjata siihen suuntaan, että saadaan kierrätyksestä korkealaatuista tuotetta ulos.

Suomessa ongelmaksi koetaan myös nykyinen suora putki polttoon - jäte ei vaadi paljoa käsittelyä ja polttolaitosten porttimaksut ovat maltillisia, joten on houkuttelevaa viedä jäte suoraan polttoon. Tämä putki olisi saatava poikki, ja tilalle halutaan toimintaa, jossa käyttökelpoinen materiaali otetaan talteen. Tällä hetkellä poltetaan/kaasutetaan myös erilliskerättyä kaupan keräämää muovijätettä, mutta siihen on tulossa kielto EU:n jätepuitedirektiivistä.

Elintarvikepakkausten kierrätyksen laajentaminen edellyttää haastattelujen pohjalta ohjauksen muuttamista monella tasolla. Taloudellisten ohjauskeinojen merkitys korostuu ennen kaikkea markkinaimun synnyttämisessä. Kierrätyskapasiteetin laajentaminen edellyttää investointeja ja uusiomuovista valmistettujen tuotteiden kehittäminen perustuu tutkimukseen ja

tuotekehitykseen. Tässä julkinen valta voi osallistua mm. erilaisten tukien kautta. Taloudellisen ohjauksen kautta voidaan myös vaikuttaa siihen, että kierrätyskelpoinen materiaali ei mene suoraan polttoon.

Ympäristöministeriö on tehnyt muovikasseista Green Deal -sopimuksen Kaupan liiton kanssa. Tämä on vapaaehtoinen sopimus valtion ja elinkeinoelämän edustajan välillä, jonka tavoitteena on yhdessä edistää kestävästä kehityksen tavoitteita. Sopimus on voimassa vuoden 2025 loppuun ja sillä pyritään varmistamaan, että EU:n pakkausjätedirektiivin muovikassien kulutusta koskevat vähentämistavoitteet saavutetaan Suomessa. Tavoitteena on, että vuodessa käytettäisiin enintään 40 kassia henkeä kohti vuoden 2025 loppuun mennessä<sup>4</sup>.

## Kuluttajien rooli pakkausten kiertotaloudessa

Kuluttajien rooli pakkausten kiertotaloudessa on keskeinen. Kuluttaja voi tehdä valintoja, jotka suosivat helposti kierrätettäviä pakkauksia tai jopa valita tuotteita ilman pakkauksia. Tänä päivänä kuluttajien ääni vaikuttaa isojen globaalien toimijoiden pakkausratkaisuihin. Kuluttaja on myös keskeisessä asemassa pakkausjätteen käsittelyssä. Entistä tehokkaampi lajittelu tulee olemaan tärkeässä roolissa mm. elintarvikepakkausten kierrätyksen kehityksessä. Alla tarkastellaan tarkemmin, miten kuluttaja voi vaikuttaa kierrätettävyyteen pakkausten elinkaaren eri vaiheissa.

*Suunnittelu.* Kuluttajien mahdollisuus vaikuttaa pakkausmateriaalien ja pakkausten tuotesuunnitteluun on välillinen, lähinnä julkisen keskustelun kautta tapahtuva. Tällä hetkellä keskustelussa ovat esillä erityisesti muovipakkaukset, muovien kierrätykseen ja muovirooskaan liittyvät ongelmat, millä on mahdollisesti yhdessä suunnitteilla olevien politiikkatoimien kanssa muoville vaihtoehtoisten (mm. puupohjaisten) pakkausmateriaalien kehittämistä ja käyttöä kannustava vaikutus. Vähemmällä huomiolla ovat olleet uudelleenkäytettävät pakkaukset tai esimerkiksi nettikaupan kasvun vaikutukset pakkaamiseen. Edelleen kotitalouksien koon jatkuva pieneneminen lisää pienten pakkauskojojen käyttöä ja pakattuja kulutustavaroita hankitaan henkilöä kohti enemmän (Järvi-Kääriäinen & Ollila 2007).

*Raaka-aineiden valinta ja hankinta.* Kuluttajalla ei nykyisin ole mahdollisuutta erotella pakkauksen ja käytetyn pakkausmateriaalien hintavaikutusta muusta tuotteen hinnasta. Mahdollinen ohjausvaikutus tapahtuu lähinnä julkisen keskustelun kautta, mikä voi edistää pyrkimyksiä kehittää ja käyttää uusiutuvia, kierrätettyjä tai kestävämmiin tuotettuja raaka-aineita.

*Hankinta ja kulutus päätökset, käyttö ja omistajuus, säilyttäminen ja ylläpito.* Kuluttaja voi useissa tapauksissa valita kaupassa eri materiaaleihin pakattuja tuotteita tai vähemmän pakkausmateriaalia sisältävän tuotteen. Koska pakkaus on kuitenkin osa tuotetta, tämän valinnan perusteiden välittyminen tuotteen valmistajalle ja tuotesuunnitteluun on epävarmaa. Edelleen kuluttajan mahdollisuuksia arvioida erilaisten pakkausmateriaalien (muovi, biopohjainen muovi, biohajoava muovi, erilaiset muovilaadut, pinnoitetut kuitupakkaukset, metallit ja lasi) elinkaarenaikaisia ympäristövaikutuksia ja vaikutuksia pakatun tuotteen elinkaarenaikaisiin ympäristövaikutuksiin on pidettävä varsin rajallisina. Kuluttajatuotteiden houkuttelevuuden lisäämisen ohella pakkausten ensisijainen keskeinen funktio on suojata tuotteita ja tehostaa laajemmin tuotteiden logistiikkaa, jolloin arviointia ei pitäisi tehdä vain pakkausmateriaalin kierrätettävyyden perusteella.

Ostosten pakkaamista muovikasseihin on ilmeisen menestyksekkäästi vähennetty ympäristöministeriön ja Kaupan liiton 2016 solmimalla ns. Muovikassisopimuksella, jolla EU-direktiiviä

<sup>4</sup> [http://www.vm.fi/fi-FI/Ymparisto/Jatteet/Green\\_deal\\_sopimukset](http://www.vm.fi/fi-FI/Ymparisto/Jatteet/Green_deal_sopimukset)

pannaan täytäntöön vapaaehtoisuuteen perustuvan sopimuksen eikä lain avulla. Sopimukseen perustuvia toimenpiteitä olleet ainakin neuvonta- ja valistus kevyiden muovisten kantokassien kulutuksen vähentämiseksi ja roskaantumisen ehkäisemiseksi ja kevyiden muovisten kantokassien maksullisuus. Muovikassisopimus on osoittautunut käyttäytymistä ohjaavaksi, mutta ei ole tarkkaa tietoa siitä, johtuuko tämä muovikassien hinnan tekemisestä näkyväksi vai jostain muusta tekijästä, kuten siitä, että henkilö kokee epämiellyttäväksi sen, että häneltä kysytään muovikassin ostamisesta.

Panttiin perustuvat juomapullojen palautusjärjestelmät ja niihin liittyvä laki eräiden juomapakkausten valmisteverosta ovat esimerkki vuosikymmeniä menestyksekkäästi pakkausten uudelleenkäyttöä ja kierrätystä edistäneestä toimenpiteestä.

*Käytöstä poistaminen.* Kuluttajilla on suuri merkitys pakkausten ja pakkausmateriaalien kiertotaloudessa käytöstä poistettujen pakkausten syntypaikkalajittelussa ja toimittamisessa keräyspisteisiin, samoin juomapakkausten palauttamisessa palautusjärjestelmään. Kuluttajia voidaan kannustaa informaatio-ohjauksella, mutta erityisesti panttijärjestelmillä ja tekemällä lajittelu helpoksi tuomalla jättepisteet riittävän lähelle. Teknologian kehittäminen mahdollistaa jatkossa yhä yksilöllisemmän kannustamisen jätetaksoissa ns. Pay as you throw –ratkaisujen kautta.

## Johtopäätökset

Pakkausmateriaaleista muovi nähdään tällä hetkellä haasteellisena. Muovi aiheuttaa globaalisti valtavia ongelmia, mutta myös Suomen luonnossa on muoviin liittyviä haasteita. Suomi on monella tavalla edelläkävijä muovipakkausten kierrätyksessä ja uudelleenkäytössä, mutta edelleen vain pieni osa markkinoille saatetusta pakkausjätteistä hyödynnetään kiertotalouden keinoin. Merkittävä osa kerätystä jätemateriaalista menee suoraan energiatuotantoon.

Suomessa jätevero, jätemaksut ja tuottajavastuujärjestelmä ohjaavat tehokkaasti asetettujen kierrätystavoitteiden toteuttamiseen ja tavoitteita on ylitetty lähes kaikkien pakkausmateriaalien osalta. EU:n uuden pakkausedirektiivin myötä tavoitteita tullaan kaksinkertaistamaan vuoteen 2030 mennessä. Tämä edellyttää myös järjestelmän kehittämistä. Muovipakkausten osalta komission ehdotus direktiiviksi tiettyjen muovituotteiden ympäristövaikutusten vähentämisestä tuo yksilöidympää ohjausta.

Suomessa juomapakkausten palautusjärjestelmä PALPA ohjaa tehokkaasti pakkausten uudelleenkäyttöön. Palautusjärjestelmän laajentaminen muihin kuin juomapakkauksiin nähtiin haastatteluissa haastavana. Laajentaminen edellyttäisi mm. arvoketjun toimijoiden roolien ja vastuiden tarkentamista.

Myös puulavojen uudelleenkäyttö on maassamme korkealla tasolla. Tähän vaikuttaa mm. tuottajavastuujärjestelmä, joka edellyttää kierrätysmaksua markkinoille saatetusta uudesta tai maahantuodusta puupakkauksesta. Ympäristöministeriön Kaupan liiton kanssa sovitun Green Deal -sopimuksella tavoitellaan, että muovikassien kulutusta koskevat vähentämistavoitteet saavutetaan Suomessa.

KIMAT-hankkeessa tehdyn laskelman mukaan muovipakkausten kierrätystavoitteiden nostaminen taulukossa 3.2 esitetyllä tavalla, toisi muovisten elintarvikepakkausten osalta noin 25-35 miljoonan euron kiertotalouden potentiaalin, mikä olisi noin 15-20 miljoonaa enemmän kuin nykyinen kierrätystaso. Vastaavasti voidaan arvioida kaikkien muovisten pakkausten kiertotalouspotentiaali noin nelinkertaiseksi, eli 100-140 miljoonaa euroa ja kasvupotentiaali olisi

noin 60-80 miljoonaa euroa. Tämä on merkittävä potentiaali pelkästään Suomen sisällä. Lähialueilta löytyy myös merkittäviä jätevirtoja, jolle haetaan uusia ratkaisuja.

Tuottajavastuujärjestelmää kehittämällä voidaan tehostaa pakkausten keräämistä monella osa-alueella. Tällä hetkellä kierrätystoiminta keskittyy teollisuuden ja kaupan jätevirtoihin. Tällä puolella voidaan edelleen nostaa kierrätystasoa. Lisäksi kierrätystoiminta on laajennettava kuluttajapakkausten osalta. KIMAT-hankkeen haastatteluissa ehdotettiin, että tuottajavastuujärjestelmän kierrätysmaksuja porrastetaan pakkauksen kierrätettävyyden mukaan koskemaan kaikkia pakkausmateriaaleja. Tällä tavalla ohjataan pakkaussuunnittelua kohti entistä kestävämpiä ratkaisuja.

Kierrätyksen esteenä on kierrätyskapasiteetin ja uusiotuotteiden valmistuskapasiteetin alhainen taso. Tarvitaan lisää investointeja, uusia tuotteita ja uutta liiketoimintaa. Tässä taloudellisella ohjauksella kuten investointituella ja tutkimus- ja kehitysrahoituksella voi olla merkittävä rooli.

Haasteena potentiaalın hyödyntämisessä on myös puutteellinen tieto jätevirroista ja niiden materiaaleista. Tieto on jatkossa pystyttävä hallitsemaan läpi arvoketjujen ja pakkaussuunnittelua ohjaamalla voidaan varmistaa, että pakkaukset ovat tulevaisuudessa mahdollisimman helposti kierrätettäviä. Tähän tarvitaan informaatio-ohjausta, mutta taloudellisella ohjauksella, kuten kierrätettävyyden perusteella porrastetuilla kierrätysmaksuilla, voidaan suunnata toimintaa oikeaan suuntaan.

## 4. OHJAUSKEINOJEN TALOUDELLISET VAIKUTUKSET

Tässä luvussa raportoidaan KIMAT-hankkeessa tehty taloudellinen mallintaminen. Hankkeessa käytetään laskennallista tasapainomallia kiertotalouden ohjauskeinojen vaikutusten arviointiin. Tasapainomalli kuvaa taloutta kotitalouksien, yritysten ja julkisten sektorien päätoimialasta käsin. Kotitalouksien keskeisiä päätöksiä ovat kulutus ja säästämissäpäätökset sekä työn tarjonta. Yritykset päättävät tuotantopanoksista – työ ja pääoma ja välituotteet – sekä investoinneista. Julkisten sektorien toimintaa kuvaavat ennen kaikkea erilaisen verotuksen rakenne sekä tulonsiirrot kotitalouksille ja toisille julkisille toimijoille. Tällaiset mallit mahdollistavat taloudellisten ohjauskeinojen ja niiden aiheuttamien vaikutusten kohdentamisen eri sektoreille hyvinkin yksityiskohtaisesti ja siten tukevat ohjauskeinojen käytön aiheuttamien tehokkuus- ja hyvinvointivaikutusten arvioimista.

Mallintamisen tavoitteena on ollut kiertotalouden teknisen potentiaalin realisoitumisen vaatiman taloudellisen ohjauksen tunnistaminen ja pohjan luominen taloudellisen ohjauksen vaihtoehtojen arvioinnille. Tutkimuksessa tarkastellaan kiertotalouden taloudellisia vaikutuksia toisaalta uuden teknologian käyttöönoton ja sen tukemisen näkökulmasta, toisaalta taloudellisen potentiaalin näkökulmasta. Taloudellista potentiaalia tarkastellaan erityisesti markkinahäiriöiden näkökulmasta - kiertotalouden potentiaalien vaatimattoman realisoitumisen takana täytyy olla taloudellisia syitä. Lisäksi arvioidaan, miten taloudellisen ohjauksen käyttö vaikuttaa, kun otetaan huomioon myös julkisen talouden rahoitustarve.

Tarkastelun kohteena ovat KIMAT-hankkeen työpajojen, kiertotalouden ratkaisuja koskevien tietokantojen ja case-haastattelujen perusteella rajatut, suurten volyymien arvoketjut. Tarkastelussa on myös käytetty eräitä aiemmassa KIVIKI-hankkeessa tutkittuja ratkaisuja, joita ei aiemmin kytketty yhtä tiiviisti taloudelliseen ohjaukseen ja potentiaalin realisoitumisen esteisiin.

Tarkastellut kiertotalouden potentiaalit ovat:

- 1) Betonin kierrätys
- 2) Muovin kierrätys
- 3) Jalometallien kierrätys
- 4) Ravinteiden talteenotto ja biokaasun jalostus
- 5) Ruoan hävikin vähentäminen

Näistä kaksi ensimmäistä perustuvat KIMAT-hankkeessa tehtyihin, laajoihin case-tutkimuksiin. Betoni valikoitui tarkasteluun, koska siinä liikkuu suuria volyymejä. Muovi taas edustaa pakkausjätteiden case-tarkastelua, jossa varsinkin muovin osalta on odotettavissa EU:n taholta kasvavaa painetta kierrätyksen lisäämiseen, kun taas monien muiden pakkausjätteiden osalta kierrätys ja uudelleenkäyttö ovat jo nyt varsin korkealla tasolla. Jalometallien talteenoton osalta on käytetty KIVIKI-hankkeen arviota talteenoton mahdollisuuksista. Ravinteiden talteenoton ja biokaasun tuotantopotentiaalin osalta on pitäydytty varsin varovaiseen arvioon biokaasun tuotantopotentiaalista, koska ravinteiden talteenottoa rajoittaa kiintoaineen käyttö

biokaasuprosessin jälkeen. Olemme myös olettaneet, että biokaasun käyttö olisi lähinnä henkilöautoissa, jolloin tarkastelu voidaan perustaa KAISU:ssa tehtyihin arvioihin. Biokaasulle saattaa kuitenkin aueta laajempaakin käyttöä joukkoliikenteessä. Ruokahävikkiä on arvioitu KIVIKI:ssä, ja tässä on käytetty sen mukaista arviota potentiaalista.

Kaikista tapauksista on olemassa paljon taustatietoa tarvittavista investoinneista ja kierrätettävään materiaaliin perustuva arvio siitä, paljonko kierrätysmateriaalia voitaisiin Suomessa käyttää.

Taloudellisessa mallintamisessa on ensin arvioitu sitä, millainen vaikutus näiden potentiaalien käyttöönotolla kansantalouteen olisi. Sen jälkeen on arvioitu, tarvitsisivatko ne ja kuinka suuria investointitukia. Lopuksi on arvioitu, tarvittaisiinko muuta taloudellista ohjausta. Tämä viimeisin arvio on metodisesti KIMAT-hankkeen keskeisiä innovaatioita. Potentiaaleja ja niiden realisoitumisen esteitä tarkastellaan taloudellisen toiminnan valossa – esteet potentiaalien jäämiseksi piileviksi tulkitaan taloudellisina ns. varjoveroina, jolloin niitä voidaan myös vertailla. Arvioinnin vaiheet liittyvät läheisesti toisiinsa: Ensimmäisessä vaiheessa arviointi tehdään perinteiseen tapaan, kuvaamalla uuden teknologian käyttöönottoa investointeja vaativina, eksogeenisinä muutoksina arvoketjuissa tai muutoksina yksityisessä kulutuksessa. Tämä tarkastelu tuottaa arvion kiertotalouden taloudellisista vaikutuksista, mutta sen avulla voidaan myös kalibroida uuden teknologian vaikutukset materiaalitehokkuuteen ja kulutustotumuksiin. Tällaista tarkastelua ovat noudattaneet muiden muassa Böhringer ja Rutherford (2015) vaikutusvaltaisessa tutkimuksessaan kiertotalouden taloudellisesta potentiaalista. Analyysissään myös he mallintavat uuden teknologian käyttöönottoa eksplisiittisinä investointeina uuteen teknologiaan, jonka vaikutukset arvoketjuihin kuvataan yksityiskohtaisesti. Tätä lähestymistapaa on sovellettu kauan suomalaisessa ympäristöpolitiikan vaikutusarvioinnissa. On selvää, että teknologian kehittämisen kustannukset eivät välttämättä tässä lähestymistavassa tule täysin mallinnetuiksi, joskin suomalaisissa tutkimuksissa usein hinnoitellaan myös uuden teknologian käyttöönoton kustannusten aleneminen kokemuksen kertyessä – tavaltaan siis sisäistetty kehittämisen kustannus. Tällaista teknologian kuvausta on myös helppo puolustaa Suomen kaltaisessa pienessä maassa – valtaosa käytössämme olevista innovaatioista on peräisin muualta, eikä suomalainen käyttäjä siis useinkaan kannata kehittämisen kustannusta. Yhdysvaltain ja Saksankin kokoisissa maissa tilanne on selvästi toinen. Tarkastelun viimeinen vaihe on metodisesti uusi, mutta muistuttaa läheisesti teknis-taloudellisten mallien vakiintuneita menettelyjä, joissa taloudellinen ohjaus näyttäytyy nimenomaan uuden teknologian markkinoilletulon esteiden lieventäjänä.

Taulukko 4.1 kuvaa vaikutuskanavia tarkastelluissa vaihtoehdoissa.

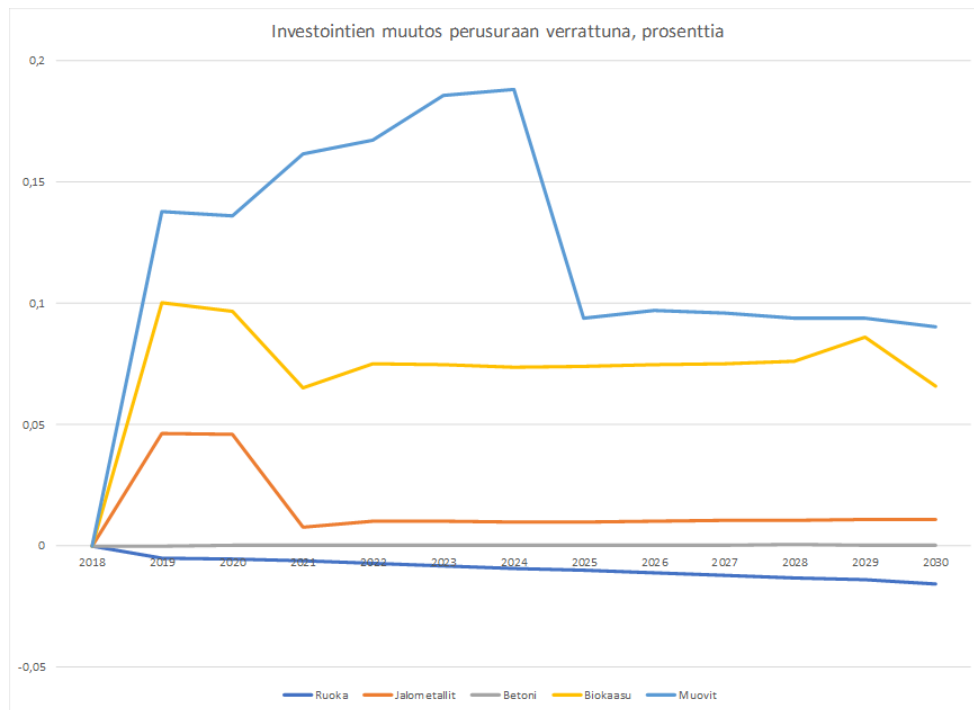
#### Taulukko 4.1. Kierrätyksen vaikutuskanavat valituissa arvoketjuissa.

	Loppukulutus	Väliuotekäyttö
Betonijätteen kierrätys	-	Korvaa kiviainesta
Muovin kierrätys	-	Korvaa tuontimuovia
Jalometallien kierrätys	-	Korvaa neitseellistä raaka-ainetta
Ravinteet	Biokaasu korvaa bensiiniä	Biokaasu
Ruokahävikki	Ruoan kulutus laskee	Hävikki pienenee

## 4.2 Uuden teknologian käyttöönoton vaikutukset

Kuviossa 4.1 on kuvattu kiertotalouteen liittyviä investointeja koko kansantalouden investointien perusskenaarioon nähden. Kuvion perusteella on selvää, että investoinnit varsinkin muovin kierrätykseen ja biokaasuun ovat koko kansantaloudenkin tasolla kohtalaisen suuria. Muovin osalta on oletettu, että investoinnit kohdentuisivat kolmeen Ekokemin uuden jätteenkäsittelylaitoksen kokoiseen laitokseen. Jalometallien kierrätyksen osalta oletetaan, että vain yksi uusi laitos tulisi käyttöön. Biokaasun osalta kapasiteetin tarve puolestaan olisi suurempi, mutta sitä rajoittaa eniten se, paljonko maataloudesta olisi saatavissa kierrätettävää ainesta. Tässä oletetaan, että vuoteen 2030 mennessä otettaisiin käyttöön noin kymmenesosa potentiaalista. Biokaasun yhteydessä olisi investoitava myös jakeluinfrastruktuuriin sekä ajoneuvokannan uudistamiseen ja uudistamiseen koko tarkastelujakson ajan, ja tästä syystä niin investointien kuin yksityisen kulutuksenkin aikaprofiilit poikkeavat biokaasun tapauksessa muista.

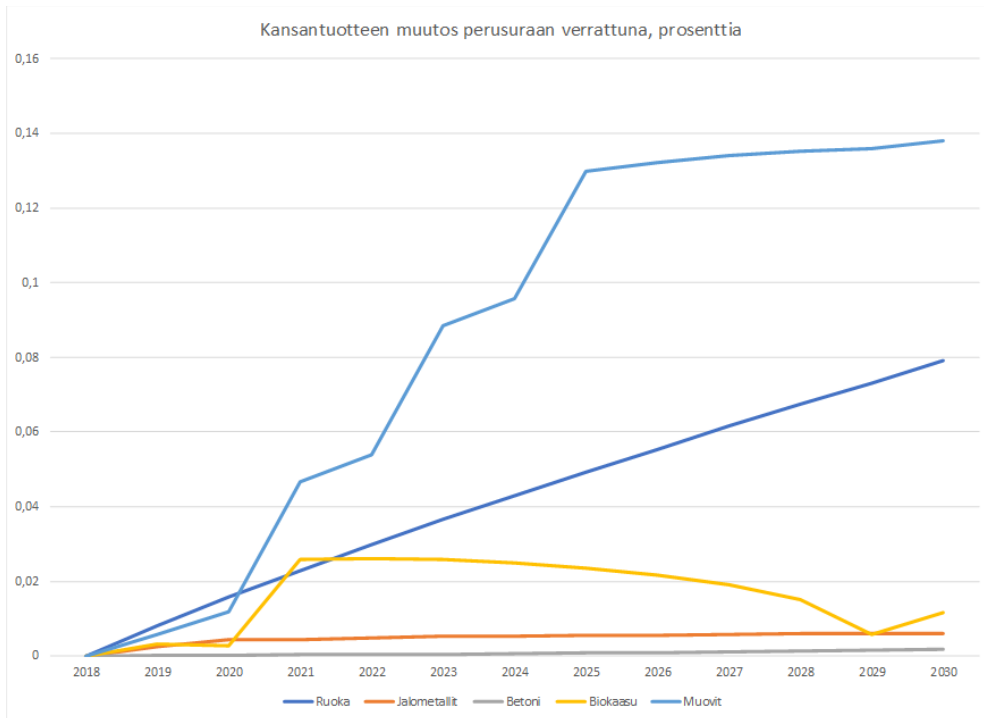
**Kuvio 4.1. Arvoketjujen investoinnit perusskenaarioon nähden.**



Kuviossa 4.2 on tarkasteltu vaikutuksia yksityiseen kulutuskysyntään. Kulutuskysynnän kannalta vaikutukset syntyvät pääosin välillisesti, kun kierrätys luo työtä ja lisää materiaalitehokkuutta. Ruokahävikin ja biokaasun tapauksessa kulutuskorin on oletettu muuttuvan, ja näillä muutoksilla voi olla vaikutuksia kokonaiskulutukseenkin. Biokaasun tapauksessa erityisesti autokannan ja julkisen liikenteen kaluston uudistamiseen ja kaasuun siirtymisellä on lisäkustannuksia, jotka alentavat kotitalouksien kulutusta, jos niitä ei mitenkään kompensoida.

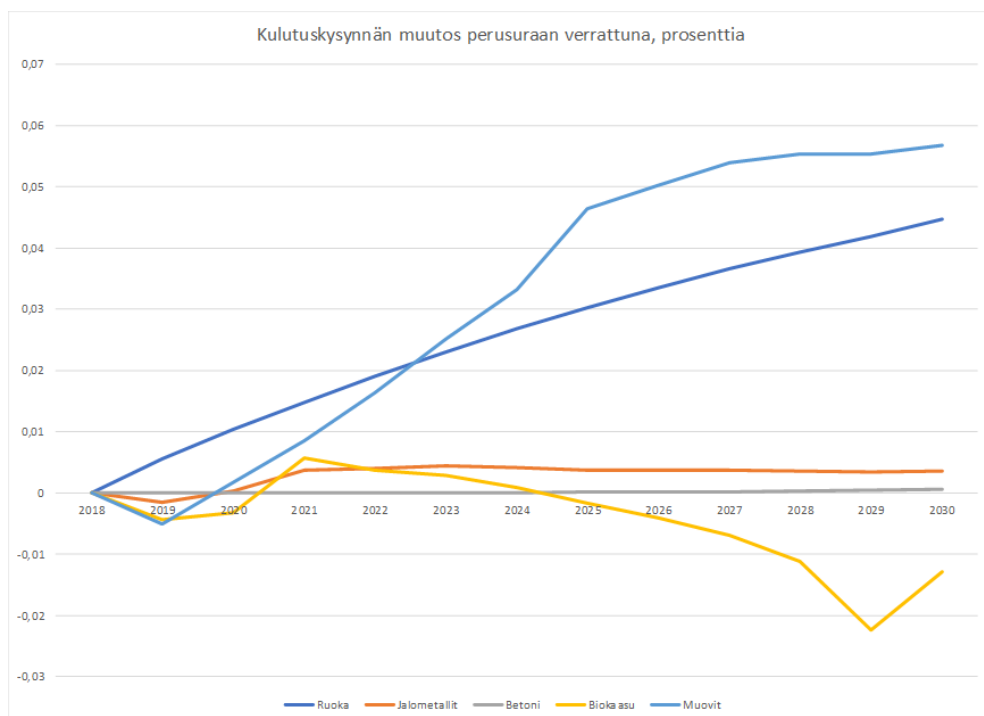


**Kuvio 4.2. Arvoketjujen kiertotaloustointen vaikutus yksityiseen kulutuskysyntään**



Kuviossa 4.3 on esitetty kansantuotteen kehitys. Hankkeiden vaikutus syntyy materiaalitehokkuuden paranemisen vaikutuksesta kokonaistuottavuuteen ja sitä kautta kansantuotteeseen. Tarkasteltujen tapausten yhteisvaikutus on noin 0,3 – 0,4 prosenttiyksikön lisäkasvu vuoden 2030 kansantuotteeseen, siis varsin suuri.

**Kuvio 4.3. Arvoketjujen kertotaloustointen vaikutus kansantuotteeseen.**



### 4.3 Kiertotalouden taloudelliset esteet

Suuri osa kiertotalouden potentiaaleista liittyy yritysten tuottamiin tuotteisiin: esimerkiksiämme monista toimialan tuotannon painopiste muuttuisi kierrätyspanosten myötä uudenlaiseksi uuden teknologian myötä. Tarkastelemissamme tapauksissa on kaikissa kyse todellisesta potentiaalista, joka ei kuitenkaan ole toistaiseksi tullut käyttöön. Taloustieteen näkökulmasta sille, että kiertotalouden hyvinkin edullisina näyttäytyvä potentiaalia ei ole otettu käyttöön, täytyy olla jokin taloudellinen syy. Tällöin potentiaalin realisoitumiseen voidaan myös vaikuttaa taloudellisella ohjauksella. Näkökulma on kotimaisessa kiertotalouden tutkimuksessa uusi, eikä sitä ole sovellettu monissa ulkomaisissakaan tutkimuksissa, mahdollisesti aineistopuutteiden vuoksi.

Tutkimuksessamme keskitytään taloudellisen ohjauksen tarpeeseen kulutuksen ja väliuotekäytön osalta. Arviomme perustuu oletukseen, että tekninen potentiaali kierrätysmateriaalin käyttöön olisi olemassa, mutta jokin markkinahäiriö estää sen toteutumisen. Jos teknologinen potentiaali on olemassa, mutta vaikutus kysyntään ei toteudu, kyse on tämän tulkinnan mukaan hintamekanismissa olevista häiriöistä. Niiden syy ei ole tarkastelulle niinkään keskeinen, vaan niiden vaikutusten kvantifioiminen ja vertailu kiertotalouden eri osa-alueilla.

Tässä markkinahäiriötä kuvataan niin sanottujen varjoverojen avulla. Toisin sanoen – taloudellinen malli on kalibroitu siten, että se ottaa huomioon uuden teknologian kiertotalouteen tuomat mahdollisuudet, mutta mallintaa toteutumattoman potentiaalin markkinamekanismin kautta. Tulkinta on sama kuin määräsäännöstelyssä kiintiölle laskettavalla varjohinnalla. Varjovero tai -tuki (säännöstelyn yhteydessä varjohinta) kuvaavat käänteisesti sitä hintojen muutosta, jolla kiertotalouden potentiaali saataisiin käyttöön.

Taulukossa 4.2 on kuvattu varjoveron avulla arvioitu hintojen muutoksen tarve, jotta kierrätysmateriaalin tekninen potentiaali tulisi käyttöön. Betonin osalta kierrätetyn materiaalin hinnan olisi laskettava 70%, jotta käyttö lisääntyisi potentiaalin mukaiseksi (jo ennestään hyvin alhaiselta tasolta), kun taas tuontimuoviraaka-aineen hinnan olisi noustava vajaat 30%, jotta kotimaassa kierrätetty muovi syrjäyttäisi sitä riittäväällä volyyymilla. Ravinteiden osalta biokaasun hinnan tulisi laskea melkein puoleen, kun taas ruoan hinnan olisi noustava lähes kymmenellä prosentilla.

Kuten yllä todettiin, monet kiertotalouden potentiaaleista edellyttävät investointeja uuteen kapasiteettiin. Käsittelemistämme potentiaaleista vain ruokahävikin ja betonijätteen kierrätyksen yhteydessä ei tarvittaisi lisäinvestointeja. Muissa kolmessa tapauksessa investointeja tarvittaisiin.

Investointien kannattavuus perustuu arvoketjujen muutokseen. Tässä muutos on kuvattu kierrätysmateriaalin markkinoille tulona niissä arvoketjuissa, joihin se arviomme mukaan voisi suuntautua. Tämä luo edellytykset investointien kannattavuuden arvioinnille. Investoinnit eivät kuitenkaan näyttäisi toteutuvan ilman investointitukia. Osittain tämä liittyy kierrätetyn ja uuden tai maahantuodun materiaalin hintoihin, joista myöhempänä lisää, osittain tuotto-odotuksiin. Tässä oletetaan, että tuotto-odotukset eivät muutu perusskenaarioon nähden, jolloin investoinnit uuteen teknologiaan toteutuvat vain, jos niitä tuetaan.

Taulukkoon 4.2 on koottu ohjauksen tarve eri vaihtoehtoissa. Kaikissa vaihtoehtoissa tuen tarve kohdentuisi kierrätyksen tehostamiseen ja uusien laitosten rakentamiseen, ja kierrätetty raaka-aine korvaisi neitseellistä. Tuen tarve vaihtelee biokaasun noin 30 prosentista metallin 15 prosenttiin ja muovin lähes 40 prosenttiin. Arviossa ei ole vielä otettu kantaa siihen, kuinka

tuki rahoitettaisiin. Selvää kuitenkin on, että rahoituksen kerääminen verotuksen kautta aiheuttaa kustannuksia, jotka pienentävät kiertotaloudesta kansantaloudelle koituvia hyötyjä.

Kuten yllä todettiin, varjoveroilla on myös toinen tulkinta. Ne kuvaavat sitä varjohintaa, joka painaisi esimerkiksi ruoan kulutuksen tavoitetasolle määräsäätelyllä. Toisin sanoen, esimerkiksi ruoan kulutuksen vähentäminen potentiaalinsa mukaiseksi määräsäännöstelyn avulla vastaisi taulukon 2 mukaisesti 9 prosentin ruoan hinnan korotusta.

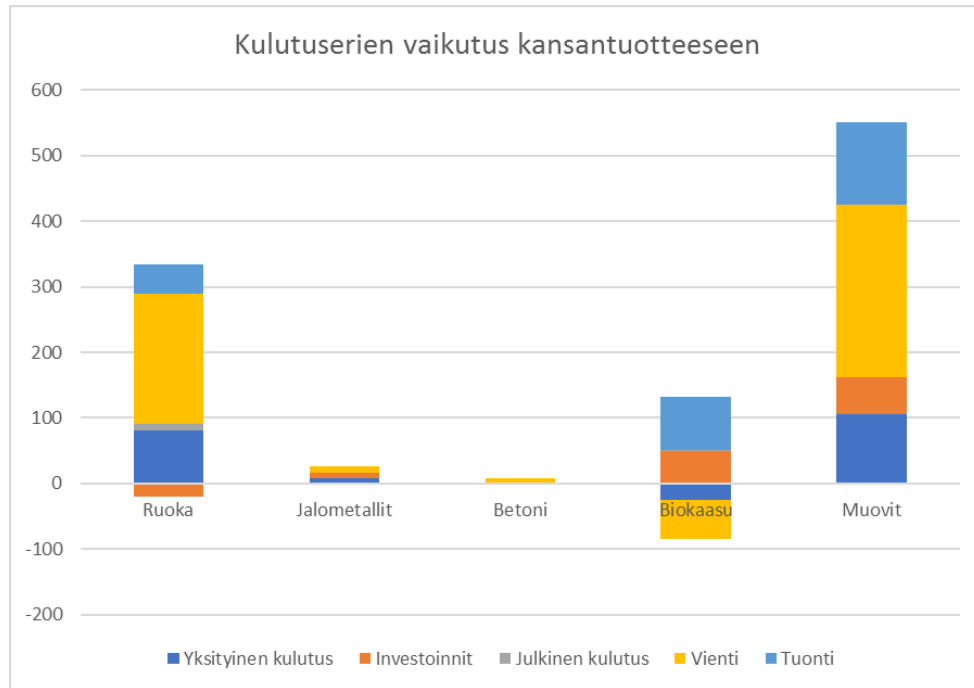
#### Taulukko 4.2. Investointituen ja kulutusverojen tarve

	Tarvittava investointituki	Tarvittava hinnan muutos
Betonijätteen kierrätys	-	-70 % (kierrätetylle)
Muovin kierrätys	37 %	27 % (tuontimuovi)
Jalometallien kierrätys	15 %	-
Ravinteet	29 %	-45 % (biokaasun hinta)
Ruokahävikki	-	9 % (ruoan hinta)

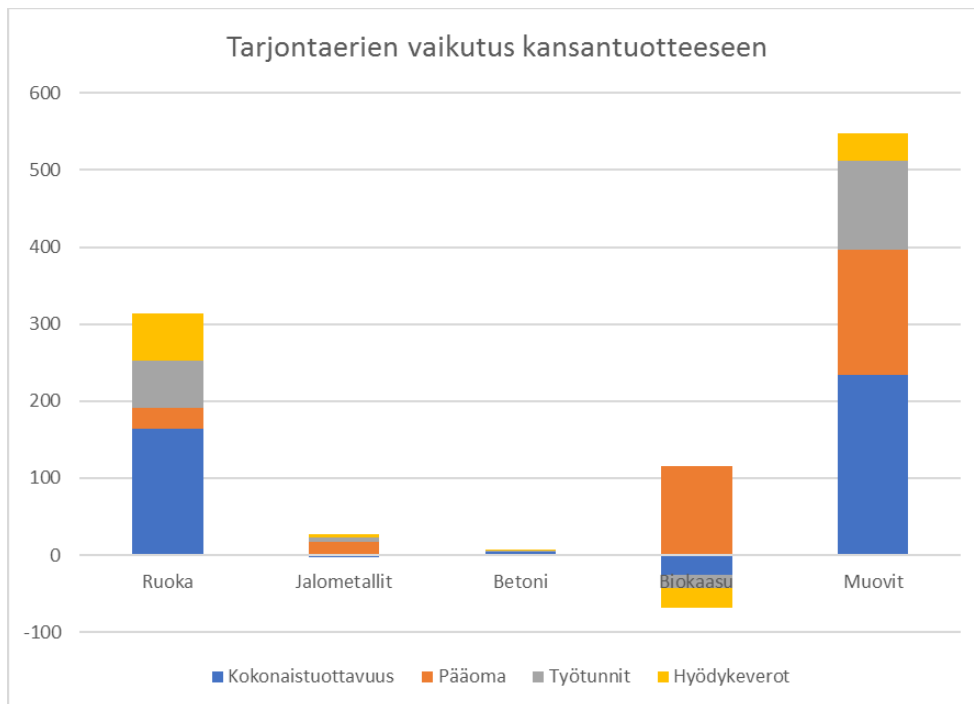
Kuviossa 4.4 on kuvattu potentiaalien vaikutusta euroina. Kuvion perusteella on selvää, että vaikutukset ovat suurimpia muovin kierrätyksen ja ruokahävikin tapauksissa, kun taas ravintekierrätyksen tapauksessa ne jäävät noin alemmiksi ja jalometallien ja betonien kierrätyksen tapauksissa ne jäävät alemmiksi. Vaikutuksiltaan suurimmissa tapauksissa on myös yhteisiä piirteitä, kun molemmissa teknologian muutos pienentää tuontiraaka-aineiden tarvetta ja suuntaa taloutta vientivetoisemmaksi. Erojakin on – muovin kierrätys vaatii suuria investointeja, kun taas ruokahävikki ei vaadi – tai ainakaan sellaisia ei ole kyetty tunnistamaan. Biokaasun tapauksessa vaikutukset ovat monimutkaisempia: potentiaalinen käyttöönotto vaatii investointeja kierrätykseen ja jalostukseen mutta myös infrastruktuuriin, minkä lisäksi ajoneuvokantaa on uudistettava, mikä taas tapahtuu pääosin tuonnin varassa. Kotimainen benssiinikulutus puolestaan laskee perusskenaarioon nähden, mikä suosii vientiä.

Jalometallien tapauksessa kotimainen kierrätysraaka-aine syrjäyttää myös tuontiraaka-ainetta, ja niin vaihtotase yksiselitteisesti paranee. Betonin tapauksessa kierrätysraaka-aineelle taas on vain välituotekäyttöä. Kuvio 4.5 kuvaa vielä vaikutuksia tarjonnan näkökulmasta, josta on selvää, että melkein kaikissa tapauksissa vaikutuksissa on itse asiassa kyse materiaalihokkuuden kasvun kautta syntyvästä tuottavuusvaikutuksesta, joskin myös investoinneilla on suuri merkitys.

**Kuvio 4.4. Kulutuserien vaikutus kansantuotteeseen.**



**Kuvio 4.5. Tarjontaerien vaikutus kansantuotteeseen**

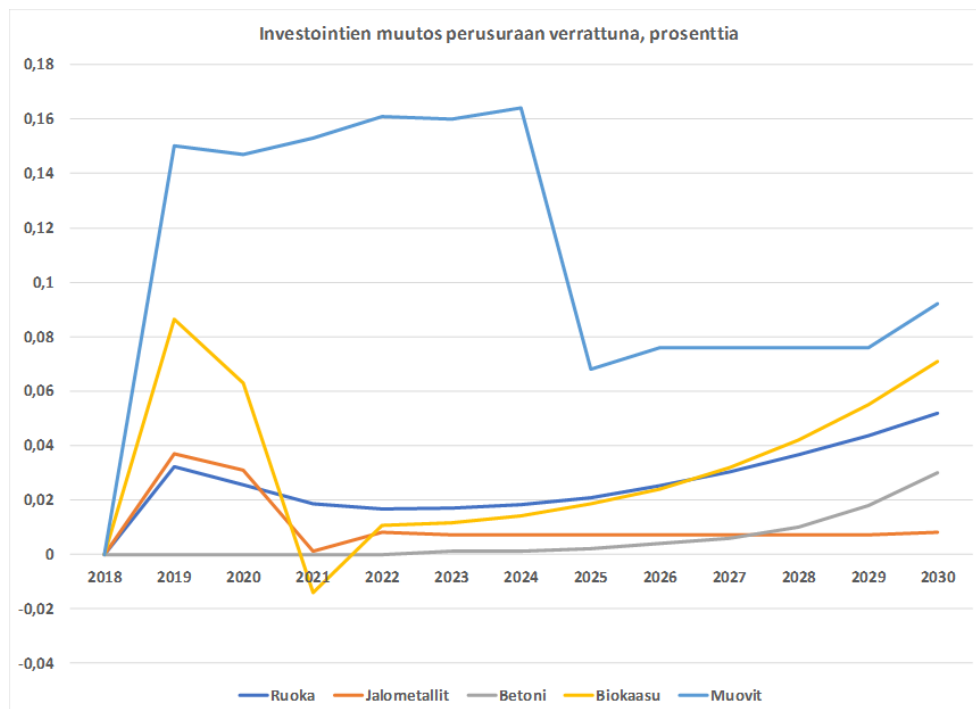


## 4.4 Kiertotalouden taloudellinen ohjaus ja ohjauskeinojen valinta

Tarkastelumme on tähän mennessä kattanut kiertotaloudessa sovellettavan uuden teknologian kautta syntyvät vaikutukset ja toisaalta teknologian käyttöönottoa hidastavien tekijöiden mittakaavan kartoituksen. Tässä osassa fokusoidaan taas teknologiaan ja kulutustottumuksiin, mutta nyt esteiden poistamiseen tähtäävän taloudellisen ohjauksen näkökulmasta. Esteiden tarkastelun perusteella on selvää, että ohjauksessa on kyse tarvittavien hintavaikutuksien synnyttämisestä verotuksen tai tukien avulla. Tarvittava hintavaikutus voidaan saada aikaan arvoketjun eri osiin kohdistuvalla ohjauksella, mutta kuten ohjauskeinoja käsittelevästä luvusta käy ilmi, käyttöön suoraan vaikuttavalla ohjauksella voidaan monessa tapauksessa minimoida ohjauksen ei-toivottuja vaikutuksia. Niinpä tässä kohdennetaan ohjaus taulukon 2 mukaisiin käyttökohteisiin ja investointien osalta niiden vaatimiin tukiin. Lisäksi arvioidaan, mikä vaikutus syntyy ohjauksen vaatiman rahoituksen keräämisestä (tuet) ja miten mahdollinen verotulo käytetään. Kun vaihtoehtoista osassa syntyisi verotuloja ja osassa niitä menetettäisiin, myös eri potentiaalien yhteisvaikutus tulee arvioitavaksi. Tämä ei vaadi ”korvamerkintää”, mutta budjetin tasapainottamisesta on tehtävä oletuksia. Tässä oletetaan yksinkertaisesti, että budjetti tasapainotetaan kaikkea tuoteverotusta sopeuttamalla, joka vastaa arvonlisäveron käyttämistä sopeuttavana verona. Jos siis kiertotalouden ohjaus synnyttää lisäkertymää, syntyy mahdollisuus laskea kaikkea hyödykeverotusta vastaavalla määrällä.

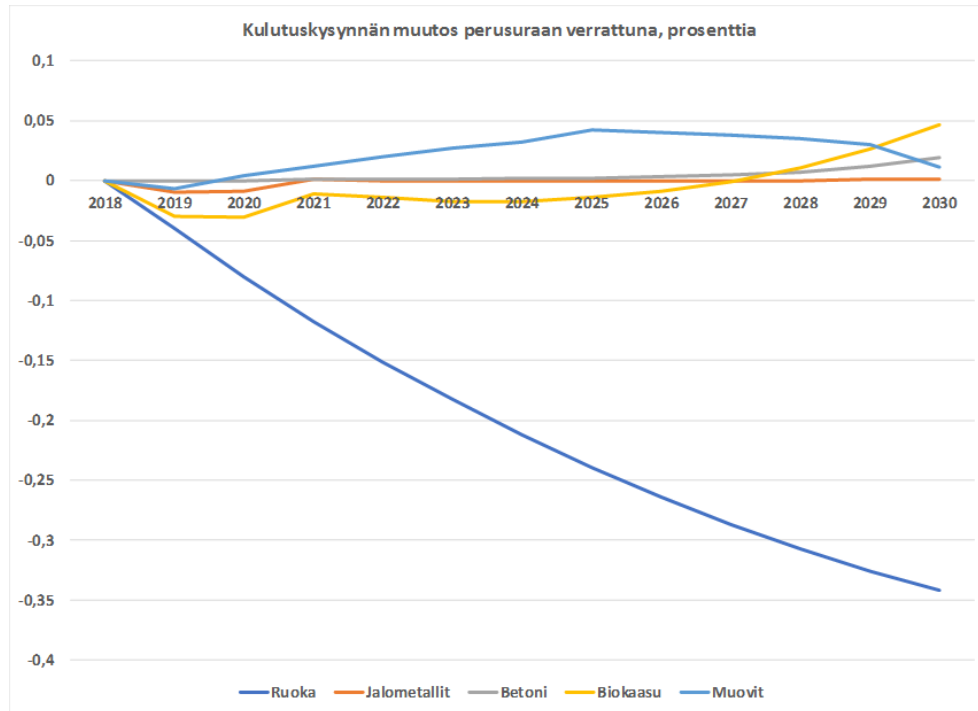
Kuviossa 4.6 on kuvattu vaikutukset investointeihin koko kansantalouden tasolla. Kuviossa 4.1 verrattuihin arvioihin verrattuna investointien kasvu jää pienemmäksi, kun tarkastelun lähtökohdana on nyt se, että teknologinen valmius parempaan materiaalitehokkuuteen olisi jo olemassa, mutta se jää jostakin syystä toteutumatta ilman taloudellista ohjausta. Eroon vaikuttaa myös se, että nyt julkisen sektorin vajeen ei anneta kasvaa. Ero ei ole missään skenaariosta suuri, mutta havaittava kuitenkin.

**Kuvio 4.6. Investointien muutos perusuraan verrattuna.**



Kuviossa 4.7 kuvatussa kulutuskysynnässä ero ei myöskään ole suuri muissa kuin Ruoan hävikki – skenaariossa. Tässä skenaariossa sekä ruoan väliuotekäyttöä kaupan ja majoitus- ja ravintolapalvelujen toimialoilla, että sen kulutuskysyntää verotettaisiin selvästi perusuraa enemmän, mikä laskisi ostovoimaa ja sitä kautta yksityistä kulutusta. Tässä skenaariossa hyödykeverokertymä kasvaisi selvästi, mutta koska verotuksen kiristäminen nostaisi kuluttajahintoja, osa verokertymästä valuisi indeksoinnin myötä tulonsiirtoihin, eikä ruoan verojen kulutusta pystyttäisi täysimääräisesti kompensoimaan.

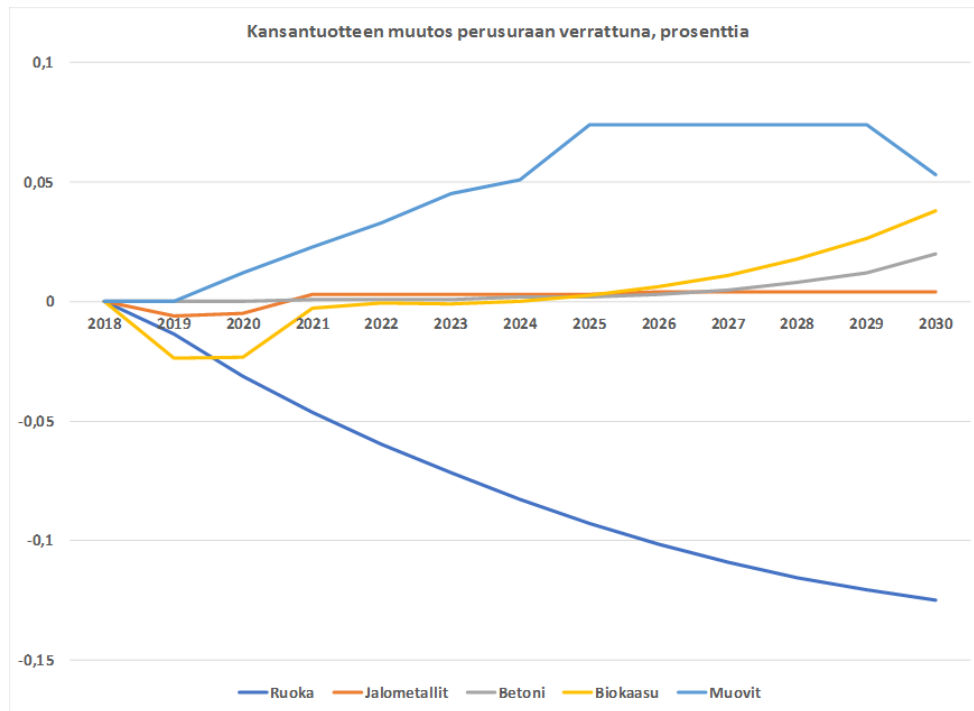
**Kuvio 4.7. Kulutuskysynnän muutos perusuraan verrattuna.**



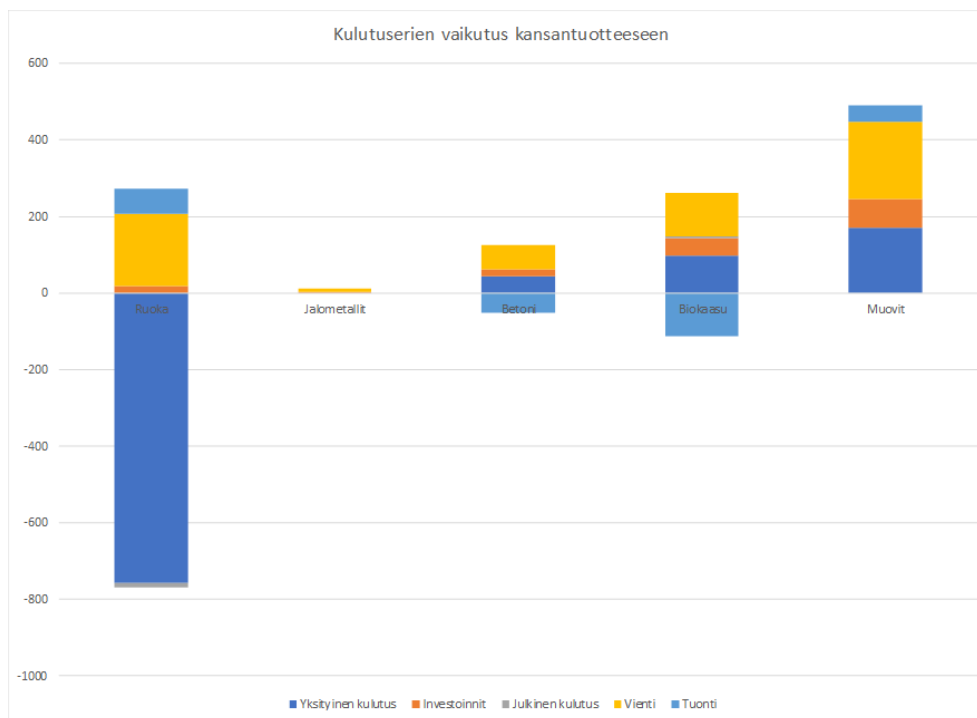
Kuviossa 4.8 on kuvattu kansantuotteen muutos. Myös kansantuotteen osalta vaikutukset jäävät pienemmiksi kuin alkuperäisessä arvioissa. Ruoan hävikki – skenaariossa vaikutus on suurin.

Kuviossa 4.9 tarkastellaan kansantuotteen käytön erien vaikutusta kansantuotteen muutokseen. Kuvion perusteella Ruoan hävikki -skenaariossa nimenomaan kulutuskysynnän lasku on kansantuotteen muutoksen takana. Muissa skenaarioissa sen sijaan uuden teknologian mahdollisuudet kanavoituvat viennin ja investointien kasvuksi ja synnyttävät budjettikurista huolimatta myös kulutusta kasvattavaa lisätuloa.

**Kuvio 4.8. Kansantuotteen muutos perusuraan verrattuna.**

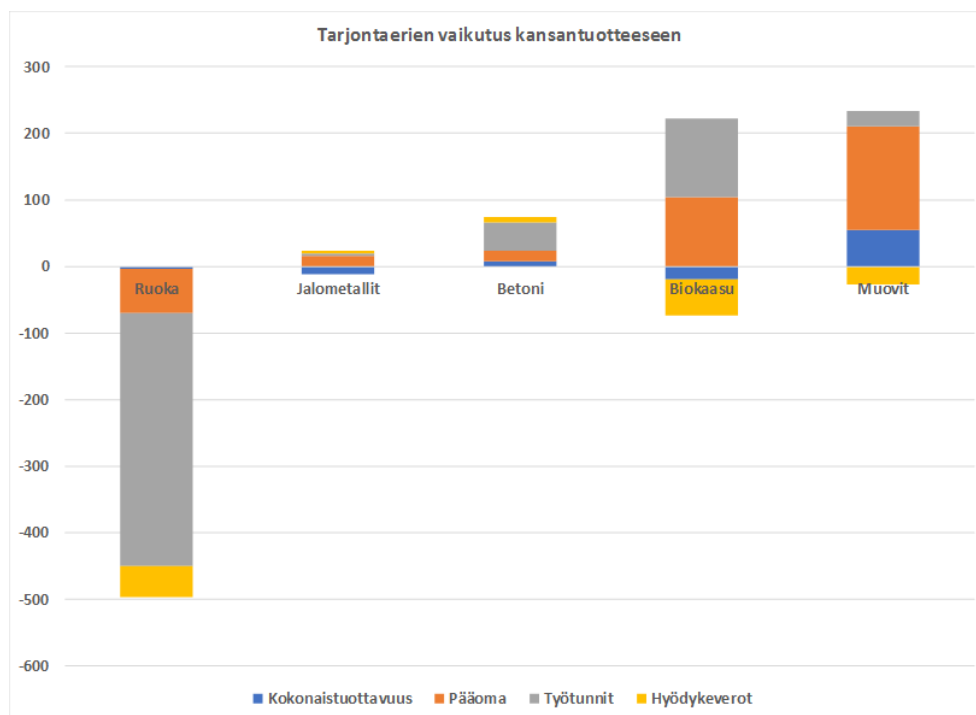


**Kuvio 4.9. Kulutuserien vaikutus kansantuotteeseen.**



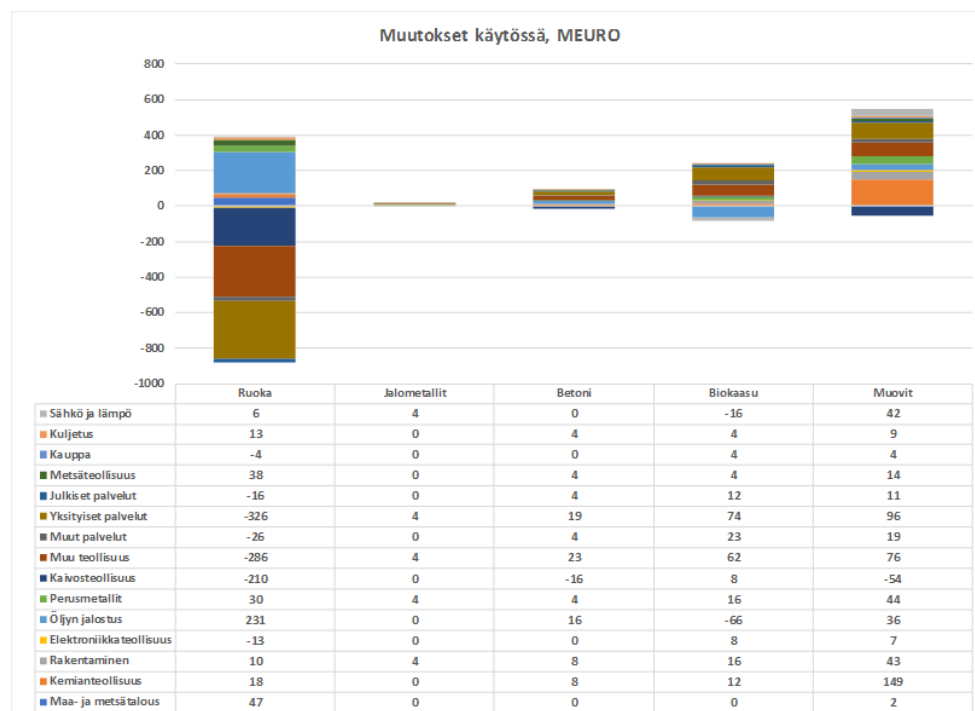
Kuviossa 4.10 on esitetty kansantuotteen muutos tarjontatekijöiden vaikutuksina. Ruokahävikki -skenaariota lukuun ottamatta kaikissa skenaarioissa uuden teknologian vaatimat investoinnit näyttäytyvät pääoman kautta syntyvänä kasvuvaikutuksena, johon liittyy myös työllisyyden kasvua. Lisäksi kasvua syntyy uuden teknologian vaikutuksesta kokonaistuottavuuden materiaalitehokkuuden kasvaessa. Huomionarvoista on myös se, että kun kiertotaloudessa käytetään entistä vähemmän raskaasti verotettuja uusiutumattomia raaka-aineita, menetetään niissä hyödykeverojen kautta syntyvää kasvua.

Kuvio 4.10. Tarjontaerien vaikutus kansantuotteeseen.



Kuvioon 4.11 on vielä koottu käytön kautta syntyvät kokonaisvaikutukset hyödykeryhmittäin.

Kuvio 4.11. Muutokset käytössä.



Ruokaskenaario vaikuttaa odotetusti eniten yksityisten palvelujen ja muuhun teollisuuteen kuuluvan elintarviketeollisuuden tuotteiden kautta. Vaikutus kaivosteollisuuden tuotteiden käyttöön syntyy lähinnä fossiilisten polttoaineiden tuonnin kautta, joka hyötyy epäsuorasti



skenaariossa oletetusta ALV:n alentamisesta. Jalometallien kierrätys hyödyttää kierrätyksen käyttöä, samoin kuin rakentamispalvelujen ja teollisuuden tuotteiden, kun taas betonin kierrätyksessä kysyntä siirtyy kaivosteollisuudesta rakentamisen, yksityisten palvelujen (asuntojen omistamisen ja hallinnan toimialan kautta) sekä muun teollisuuden tuotteiden suuntaan (elementtiteollisuus). Biokaasuskenaariossa energiatoimialoja lukuun ottamatta kasvaa kaikkien muiden hyödykkeiden euromääräinen käyttö. Näin käy myös muovin kierrätyksen yhteydessä, jossa ainoastaan öljyn tuotannon pieneneminen laskee kaivosteollisuuden tuotteiden käyttöä kotimaassa kierratetyn muovin syrjäyttäessä öljyä ja tuontimuovia muovipakkausten valmistuksessa.

## 5. JOHTOPÄÄTÖKSIÄ

Kiertotalous on laajasti ymmärrettynä tuotannon ja kulutuksen resurssitehokkuuden parantamista nostamalla teknologian materiaali- ja energiatehokkuutta, hyödyntämällä sivuvirtoja ja sulkemalla materiaali- ja ainekiertoja, muuttamalla kulutustottumuksia ja vähentämällä jätteen syntyä. Kun kiertotalous edellyttää aiemmin hyödyntämättömien materiaalivirtojen hyödyntämistä, avaa se uusia liiketoimintamahdollisuuksia sekä palveluiden että teknologian kehittämiseen. Kansantalouden tasolla kiertotalous näyttäytyykin tutkimuksemme valossa pitkälti resurssitehokkuutta parantavan teknologisen kehityksen kautta syntyvänä kasvusysäyksenä. Arvoketjussa on lukuisia mahdollisuuksia kiertotalouden edistämiseen. Kiertotalouden vauhdittaminen edellyttää politiikkatoimia ja ohjauskeinoja, joilla mahdollistetaan kiertotaloutta tukevien ratkaisujen edistäminen sen arvoketjujen kaikissa vaiheissa.

KIMAT-hankkeessa tarkastelun kohteena olleet neljä arvoketjua on aikaisemmassa tutkimuksessa todettu keskeisiksi kiertotalouden alueiksi Suomessa. Analyysimme osoittaa, että arvoketjujen liiketoimintapotentiaalit syntyvät monien virtojen kautta. Toisaalta tehdään jo aktiivisesti työtä materiaalivirtojen hyödyntämisen eteen ja toisaalta löytyy alueita, missä voidaan edelleen hyödyntää merkittäviäkin potentiaaleja. Liiketoimintapotentiaalın suuruuteen vaikuttaa jätevirtojen volyymit - jättemateriaalin tonnimäärä - ja toisaalta siitä saatava hinta. Rakenukseen, infraan tai laitteeseen upotettu pääoma vaikuttaa intoon ylläpitää ja pidentää sen elinkaarta. Siellä missä arvoketjussa oleva arvo on suuri, löytyy helpommin kaupallisia intressejä. Missä volyymit ja ympäristövaikutukset ovat merkittävät, mutta arvot alhaiset, saattavat taloudelliset ohjauskeinot soveltua kiertotalouden tueksi.

Tutkimuksemme on hyödynnetty teollisuuden sivuvirroista saatavilla oleva tieto varsin kattavasti. Näissä sivuvirroissa keskeistä on sivuvirran tuottajan ja tarvitsijan kohtaaminen - markkinapaikat ja informaatio-ohjaus näyttäytyvät siis hyvin tarpeellisina. Tähän tarvitaan tietoa sivuvirtojen ominaisuuksista, sivuvirtojen työstäminen helpommin hyödynnettäväksi, ja mahdollisesti myös t&k-tukea. Teolliset symbioosit ovat sivuvirtojen hyödyntämisen ytimessä, mutta myös julkisin hankinnoin voidaan vaikuttaa kiertotaloutta tukeviin ratkaisuihin suuntautumiseen. Tutkimuksemme valossa näyttää myös siltä, että samoihin ketjuihin vaikutetaan erilaisella ohjauksella – sekä taloudellisella että regulatorisella ja informaatio-ohjauksella osana ohjausjärjestelmää.

Kiertotalouden mahdolliset taloudelliset ohjauskeinot voidaan yleisellä tasolla jaotella veroihin, tukiin ja maksuihin. Näiden lisäksi on lukuisia joukko erilaisia ohjauskeinoja, kuten vapaaehtoisia sopimuksia, jotka voivat olla varsin tehokkaita kiertotalouden ohjauksessa. Esimerkkinä tällaisesta voidaan mainita Kaupan liiton ja ympäristöministeriön välinen muovikasseista tehty Green deal –sopimus.

Taloudellisia ohjauskeinoja voidaan perustella muun muassa sillä, että niiden avulla voidaan korjata muun muassa ulkoisvaikutusten aiheuttamia markkinahäiriöitä, ja saada kiertotalouden mukaisesti toiminnasta liiketaloudellisesti kannattavampaa nykytilanteeseen verrattuna. Taloudellisilla ohjauskeinoilla voisikin olla nykyistä suurempi merkitys kiertotalouteen siirtymistä tukevan toimintaympäristön luomisessa. Tarkoituksenmukaisesti toteutettuna ja osana sääntelykokonaisuutta ne voivat olla vaikuttavia ja kustannustehokkaita.

Taloudellisen ohjauksen käyttöönottoon liittyy kuitenkin erilaisia haasteita, kuten yritysten mahdolliset kilpailukykyongelmat globaaleilla markkinoilla. Erityisesti veroihin liittyy useita mm. kustannustasoon ja tulonjakoon liittyviä haasteita. Uusien taloudellisten ohjauskeinojen

käyttöönottoon ja olemassa olevien muutoksiin liittyy myös nykytilaa ylläpitävien rakenteiden muuttamisen vaikeus.

Tutkimuksessamme on tarkasteltu valittuja arvoketjuja ja niiden potentiaalia taloudellisen ohjauksen ja sen kustannusten näkökulmasta myös numeerisin simuloinein. Keskeinen havaintomme on, että uuden teknologian käyttöön saaminen näyttää toistaiseksi vaativan ohjauskeinojen käyttöä sekä tuotannollisten investointien että kierrätystuotteiden käytön yleistymiseksi. Ohjauskeinoja on tässä tarkasteltu hyödykeverotuksena ottamatta kantaa siihen, mikä spesifi vero kussakin tapauksessa tulisi kyseeseen. Keskeistä on hahmottaa niitä kohtia arvoketjuissa, johon ohjaus tulisi kohdentaa. Esimerkkimme perusteella on mahdotonta osoittaa sellaista yleispätevää arvoketjujen osaa, jolla kaikissa arvoketjuissa voitaisiin edistää kiertotaloutta. Tarkastelun keskeinen johtopäätös onkin, että kiertotalouden edistäminen vaatii arvoketjujen syvällistä analyysiä ja, kuten tässä tutkimuksessa, toimijoiden asiantuntemuksen hyödyntämistä.

Arvio kiertotalouden potentiaalista riippuu jossain määrin siitä, kuvataanko kiertotalous täysin uuden teknologian käyttöönottona ja kehittämisenä, vai onko ajateltavissa, että tekninen potentiaali on jo olemassa, mutta jää jostain syystä käyttämättä. Tässä tutkimuksessa on tarkasteltu molempia tapauksia. Näyttää siltä, että jo taloudelliset vaikutukset jäävät hieman pienemmiksi, jos potentiaali kuvataan jo olemassa olevan teknologia hyödyntämisenä kuin jos se kuvataan uutena teknologiana. Ero on lähes kaikissa tapauksissa pieni. Vaadittavien tukien rahoittaminen muiden verojen sopeuttamisella ei myöskään syö potentiaalisen materiaali-tehokkuuden paranemisesta syntyviä hyötyjä.

Tutkimuksen metodinen innovaatio on varjoverojen laskeminen olemassa olevan potentiaalisen käyttöönotolle. Uusi lähestymistapa auttaa kuvaamaan markkinahäiriöiden suuruutta ja se saattaa auttaa suuntaamaan kiertotalouden edistämistoimia sinne, missä niistä on (suhteellisesti) suurin hyöty. Varjoveroja voidaan myös tulkita määräsääntelyn varjohinnoiksi, ja siten ne auttavat vertailemaan taloudellista ohjausta ja määräsääntelyä.

# LÄHTEET

A Circular Economy in the Netherlands by 2050. 2016. Published by the Ministry of Infrastructure and the Environment & the Ministry of Economic Affairs, the Netherlands.

Antikainen, M., Lammi, M., and Paloheimo, H. 2017. Creating value for consumers in CE - Tools as a service, The XXVIII ISPIM Innovation Conference – Composing the Innovation Symphony, Austria, Vienna on 18-21 June 2017, [www.ispim.org](http://www.ispim.org)

Business Finland. 2018. Intelligent Vehicles and Mobility. <https://www.businessfinland.fi/suomalaisille-asiakkaille/palvelut/verkot/digitalisaatio/intelligent-vehicles-and-mobility/>

Böhringen ja Rutherford 2015: The Circular Economy – An Economic Impact Assessment. Report to SUN- (Stiftungsfonds für Umweltökonomie und Nachhaltigkeit) - IZA (Forschungsinstitut zur Zukunft der Arbeit GmbH).

Elintarviketeollisuuden liitto (ETL). Ympäristövastuun katsaus 2014. <http://www.etl.fi/media/ai-neistot/ymparistovastuun-katsaukset/etl-ymparistovastuun-katsaus-2014.pdf>

Ellen McArthur Foundation. 2013. Towards the circular economy - Economic and business rationale for an accelerated transition.

Ellen McArthur Foundation, SUN, McKinsey Center for Business and Environment. 2015. Growth within: a circular economy vision for a competitive Europe. [https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthurFoundation\\_Growth-Within\\_July15.pdf](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthurFoundation_Growth-Within_July15.pdf) EU 10/2011. COMMISSION REGULATION (EU) No 10/2011 of 14 January 2011 on plastic materials and articles intended to come into contact with food.

EU COM. 2014. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Towards a circular economy: a zero waste programme for Europe.

EU COM. 2015. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions - Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy.

Eurostat. 2018. Environmental tax statistics. [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Environmental\\_tax\\_statistics](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Environmental_tax_statistics)

EY 1935/2004. EUROOPAN PARLAMENTIN JA NEUVOSTON ASETUS (EY) elintarvikkeen kanssa kosketukseen joutuvista materiaaleista ja tarvikkeista ja direktiivien 80/509/ETY ja 89/109/ETY kumoamisesta. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:338:0004:0017:FI:PDF>

GBE. 2016. The Circular Economy: Practical steps to enhance the EU package. Green Budget Europe.

Hyrynen, Matti. 2013. Ympäristön kannalta haitalliset tuet. Ympäristöministeriön raportteja 13/2013.

IEEP. 2014. Environmental Tax Reform (ETR) in Europe: Opportunities for the future. Institute for European Environmental Policy. Holmijoki, O. 2013. Korjausrakentaminen Suomessa – rakennustekniset kustannukset. Työterveyslaitoksen julkaisu. [https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/114847/Korjausrakentaminen\\_Suomessa.pdf?sequence=1](https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/114847/Korjausrakentaminen_Suomessa.pdf?sequence=1)

Huuhka, S. 2016. Building 'Post-Growth': Quantifying and Characterizing Resources in the Building Stock . Tampere University of Technology. Publication 1414.

ITS Finland. 2018. Älykkään liikenteen palvelut. <http://www.its-finland.fi/index.php/fi/palvelut.html>

Jokinen, S., Paavola, O., Tanskanen, J-H. 2015. Pakkausjätteen kokonaismäärä Suomessa ja suosituksen tilastoinnin kehittämiseksi. Ympäristöministeriön raportteja 23/2015.

Järvi-Kääriäinen, T., Ollila, M. (toim.) 2007: Toimiva pakkaus. Helsinki: Pakkaus-teknologia – PTR ry.

- Kemianteollisuus. 2018. Ala numeroin -graafit: Responsible Care. <http://www.kemianteollisuus.fi/fi/tietoa-alaista/ala-numeroin-graafit/responsible-care/#kemianteollisuuden-resurssitehokkuus>
- Kosonen T., 2015: More and cheaper haircut after VAT cut? On the efficiency and incidence of service sector consumption taxes, Journal of Public Economics, 131: 87–100, 2015.
- McDonough, W., Braungart, M. 2002. Cradle to Cradle: Rethinking the way we make things. North Point, NY. Mickwitz.
- Metsäteollisuus ry. 2017. Massa- ja paperiteollisuuden sivuvirtatilastot. Julkaisematon tieto.
- MMM, Työ- ja elinkeinoministeriö, Ympäristöministeriö, Sitra. 2017. Kiertotalouden toimenpideohjelma. 30.11.2017.
- Myller, E. 2015. Sekalaisen puujätteen testaus erilaisten lopputuotteiden valmistuksessa. Ympäristöministeriön raportteja 28/2015. [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10138/158956/YMra\\_28\\_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10138/158956/YMra_28_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Orkas, J. 2017. Johtava asiantuntija: Valimoteollisuus, Teknoliateollisuus ry. Suullinen tiedoksianto: puhelinhaastattelu 12.12.2017.
- Parker, D., Riley, K., Robinson, S., Symington, H., Tewson, J., Jansson, K., Ramkumar, S., Peck, D. 2015. Remanufacturing Market Study. A report by the partners of European Remanufacturing Network. <http://www.remanufacturing.eu/assets/pdfs/remanufacturing-market-study.pdf>
- Peittilä, M. 2014. Rakennusjätteen määrän, koostumuksen ja alueellisen jakautumisen nykytila ja tulevaisuus. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Tuotantotalouden tiedekunta.
- Pirkanmaan ELY-keskus. 2016. Tuottajavastuutilasto. [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat\\_ ja\\_ tilastot/Jatetilastot/Tuottajavastuun\\_ tilastot/Sahko\\_ ja\\_ elektroniikkalaitetilastot](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ ja_ tilastot/Jatetilastot/Tuottajavastuun_ tilastot/Sahko_ ja_ elektroniikkalaitetilastot)
- Pirkanmaan ELY-keskus 2017. Pakkaustilastot. Pakkaukset ja pakkausjätteet. <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BC68C61B1-E9B0-46F4-BE13-D4359943C586%7D/119813>
- Pursula, T., Vanhanen, J., Ylimäki, L., Miller, T., Saario, M., Autio, M., Pitkämäki, A., Sahimaa, O., Salmenperä, H. & Myllymaa, T. 2015. Yhdyskunta- ja pakkausjätteen kierrätyksen tavoitteet ja niiden vaikutusten mallintaminen. [https://www.researchgate.net/publication/283321125\\_Yh-dyskunta- ja\\_ pakkausjätteen\\_ kierrätyksen\\_ tavoitteet\\_ ja\\_ niiden\\_ vaikutusten\\_ mallintaminen](https://www.researchgate.net/publication/283321125_Yh-dyskunta- ja_ pakkausjätteen_ kierrätyksen_ tavoitteet_ ja_ niiden_ vaikutusten_ mallintaminen)
- PwC. 2017. Jakamistalous Suomessa 2016. Nykytila ja kasvunäkymät. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja. TEM raportteja 9/2017. [http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79253/TEMrap\\_9\\_2017\\_verkkajulkaisu.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79253/TEMrap_9_2017_verkkajulkaisu.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Pöyry Finland Oy. 2016. Selvitys taloudellisten ohjauskeinojen mahdollisuuksista ja edellytyksistä kiertotalouden edistämisessä. Elinkeinoelämän keskusliitto EK. RINKI pakkaustilastot <https://rinkiin.fi/yriyksille/pakkaustilastot/>
- RINKI. 2018. Vuosikertomus 2017. <https://rinkiin.fi/ajankohtaista/vuosikertomus-2/2017/pakkausten-kierratysaste/>
- Salmenperä, H. Sahimaa, O., Kautto, P., Vahvelainen, S., Wahlström, M., Bachér, J., Dahlbo, H., Espo, J., Haavisto, T., Laine-Ylijoki, J. 2016. Kohdennetut keinot kierrätyksen kasvuun. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 53/2016.
- Seppälä, J., Sahimaa, O., Honkatukia, J., Valve H., Antikainen, R., Kautto, P., Myllymaa, T., Mäenpää, I., Salmenperä, H., Alhola, K., Kauppila, J., Salminen, J. 2016. Kiertotalous Suomessa – toimintaympäristö, ohjauskeinot ja mallinnetut vaikutukset vuoteen 2030. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 25/2016.
- Silvennoinen, K., Koivupuro, H-K., Katajajuuri, J-M., Jalkanen, L., Reinikainen, A. 2012. Ruokahävikki suomalaisessa ruokaketjussa. Foodspill 2010-2012 -hankkeen loppuraportti. <http://juuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/438248/mttraportti41.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sitra 2014. Sitran selvityksiä 84 Kiertotalouden mahdollisuudet Suomelle Työryhmä: Jyri Arponen (Sitra), Anna Granskog (McKinsey), Mari Pantsar-Kallio (Sitra), Martin Stuchtey (McKinsey), Antti Törmänen (McKinsey), Helga Vanthournout (McKinsey) <https://media.sitra.fi/2017/02/23221555/Selvityksia84.pdf>

Sitra 2016. Kierrolla kärkeen – Suomen tiekartta kiertotalouteen 2016-2025. Sitran selvityksiä 117

Suomen virallinen tilasto (SVT). 2017b. Korjausrakentaminen [verkojulkaisu]. ISSN=1799-2958. Rakennusten Ja Asuntojen Korjaukset 2016. Helsinki: Tilastokeskus.  
[http://www.stat.fi/til/kora/2016/02/kora\\_2016\\_02\\_2017-12-08\\_tie\\_002\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/kora/2016/02/kora_2016_02_2017-12-08_tie_002_fi.html)

Teknolohiateollisuus. 2016. Ympäristö ja vastuullisuus: Yritysesimerkkejä. <https://teknolohiateollisuus.fi/fi/tietoa-alasta>

Teknolohiateollisuus. 2018. Tietoa alasta. <https://teknolohiateollisuus.fi/fi/tietoa-alasta>

Tikkanen, S., Antikainen, R., Kautto, P., Salmenperä, H. 2018. Katsaus kiertotalouden mahdollisiin taloudellisiin ohjauskeinoihin, Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 4/2018.

Wijkman, A., Skånberg, K. 2015. The Circular Economy and Benefits for Society Jobs and Climate Clear Winners in an Economy Based on Renewable Energy and Resource Efficiency. Club of Rome.

Ympäristöministeriö (YM). 2017b. Kierrätyksestä kiertotalouteen - Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2023. <http://www.ym.fi/download/noname/%7BCE583325-9A4F-4A2F-8CDC-40605B1B5E6C%7D/133565>

VALTIONEUVOSTON  
SELVITYS- JA TUTKIMUSTOIMINTA

[tietokayttoon.fi](http://tietokayttoon.fi)

ISSN 2342-6799 (pdf)  
ISBN 978-952-287-605-8 (pdf)

