

Opinnäytetyö (AMK)

Insinööri, Energia- ja ympäristötekniikka

Peytes15

2018

Jenna Mäensalo

# KIERTOTALOUDEN MUKAISET MATERIAALIVALINNAT RAKENTAMISESSA

– Case: Topinpuiston vierailukeskus

Jenna Mäensalo

# KIERTOTALOUDEN MUKAISET MATERIAALIVALINNAT RAKENTAMISESSA

- Case: Topinpuiston vierailukeskus

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on kartoittaa keinoja, miten uudisrakennuksen materiaalivalinnoissa voidaan huomioida kiertotalouden periaatteet ja mihin seikkoihin tulisi kiinnittää huomiota materiaalia valittaessa. Työssä selvitetään, millaisia mahdollisuuksia ja haasteita rakennusmateriaaleihin liittyy. Lisäksi luodaan katsaus siihen, miten lainsäädäntö tukee kiertotalouden mukaista rakentamista. Työn pääpainopiste on rakennusmateriaaleissa, eikä työssä oteta kantaa energian käyttöön, rakennettuun ympäristöön tai rakennuksen sisätiloihin. Kartoituksen pohjalta on annettu ehdotuksia Topinpuiston vierailukeskuksen materiaalien valintaan.

Opinnäytetyö on toteutettu osana 6Aika: Tulevaisuuden kiertotalouskeskukset (CircHubs) -hanketta, ja sen toimeksiantajana toimii Lounais-Suomen Jätehuolto Oy.

Työn teoriaosuudessa esitellään, mitä kiertotalous on ja miten kiertotalous näkyy rakentamisessa sekä vertaillaan yleisimpien käytettyjen rakennusmateriaalien hiilijalanjälkeä ja valmistusenergian tarvetta. Lisäksi lyhyesti tarkastellaan lain ja vapaaehtoisten ohjauskeinojen reunaehdot rakentamisessa. Teoriaosuuden jälkeen pohditaan, kuinka vierailukeskuksen rakennusmateriaalit voidaan valita kiertotalouden mukaisesti. Lisäksi esitellään, millaisia mahdollisuuksia ja haasteita rakennusmateriaalien valintaan liittyy.

Ympäristönäkökohtien huomioonottaminen rakentamisessa tulee olemaan erityisen tärkeää, kun neitseelliset raaka-aineet ja luonnon monimuotoisuus ehtyvät yhdessä ilmastonmuutoksen ja kasvavan globalisaation myötä. Rakennusalalla on merkittävät vaikutukset kasvihuonekaasupäästöihin ja ympäristönäkökohtiin. Toisaalta päästöjen ja kulutuksen merkittäväksi vähentämiseksi rakennusala on yksi kustannustehokkain ja potentiaalisin osa-alue.

## ASIASANAT:

vierailukeskus, kiertotalous, rakennusmateriaalit, uudisrakentaminen.

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Energy and Environmental Technology

2018 | 46 pages

Jenna Mäensalo

# CIRCULAR ECONOMY MATERIAL CHOICES IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY

- Case: Visitor center Topinpuisto

The purpose of this thesis was to explore ways in which the principles of circular economy can be considered in the material choices of a new building, as well as study the aspect that should be considered when choosing materials. The thesis explores the potential and challenges involved in building materials. In addition, an overview is provided on how legislation supports the construction of a circular economy. The main focus of the thesis is on building materials, and the thesis does not focus on energy use, built environment or the interior of the building. Based on these, proposals were made to select materials for the visitor center of Topinpuisto.

The thesis was implemented as part of the 6Aika: Future circular economy hubs in Finland (CircHubs) project and its principal organization is Lounais-Suomen Jätehuolto Oy.

The theoretical part of the thesis presents what circular economy is, how circular economy is visible in construction, and compares the carbon footprint of the most commonly used building materials and the need for production energy. In addition, a brief look is taken on the conditions of the law and voluntary management measures in construction. After the theoretical part, the thesis discusses how the building materials of the visitor center can be selected according to the principles of circular economy. In addition, the possibilities and challenges of selecting building materials are presented.

Environmental considerations in the construction will be particularly important for the future, as virgin raw materials and biodiversity will collapse together with climate change and growing globalization. The construction sector has significant impact on greenhouse gas emissions and environmental aspects. On the other hand, to reduce emissions and consumption considerably, the construction sector is one of the most cost-effective and potential sector.

## KEYWORDS:

visitor center, circular economy, building materials, new construction.

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>6</b>
1.1 Tutkimuskysymykset	6
1.2 Tutkimuksen taustaa	6
<b>2 KIERTOTALOUS</b>	<b>9</b>
2.1 Linearisesta talousmallista kohti kiertotaloutta	9
2.2 Kiertotalouden pääperiaatteet	10
2.3 Jätteiden etusijajärjestys	12
<b>3 KIERTOTALOUS RAKENNUSSEKTORILLA</b>	<b>14</b>
3.1 Elinkaariajattelu	15
3.2 Suunnittelun merkitys	16
3.3 Kierrätettävyys	16
3.4 Yleisimmät käytetyt rakennusmateriaalit	16
3.4.1 Ympäristövaikutukset	17
3.4.2 Hiilijalanjälki	18
3.4.3 Valmistusprosessiin tarvittava energia	19
<b>4 LAKI JA VAPAAEHTOISET OHJAUSKEINOT RAKENNUSSEKTORILLA</b>	<b>22</b>
4.1 Laki	22
4.2 Ympäristöluokitusjärjestelmät	22
4.2.1 Joutsenmerkki	23
<b>5 CASE: TOPINPUISTON VIERAILUKESKUS</b>	<b>25</b>
<b>6 EHDOTUS KIERTOTALOUDEN MUKAISTEN RAKENNUSMATERIAALIN VALINTAAN</b>	<b>28</b>
6.1 Työn toteutus	28
6.2 Mahdollisuudet kiertotalouden mukaisessa rakentamisessa	29
6.2.1 Mihin tulisi kiinnittää huomiota kiertotalouden mukaisessa rakentamisessa	30
6.2.2 Keinot kiertotalouden mukaiseen rakentamiseen	31
6.2.3 Kiertotalouden mukaiset rakennusmateriaalit	31
6.3 Haasteet	34
6.3.1 Rakennusmateriaalien haasteet	35
6.3.2 Joutsenmerkki rakentamisen haasteet	38

6.4 Ehdotus	38
6.4.1 Materiaalivalintojen etusijajärjestys	39
6.4.2 Joutsenmerkki-rakentaminen	40

<b>7 LOPUKSI</b>	<b>42</b>
------------------	-----------

<b>LÄHTEET</b>	<b>43</b>
----------------	-----------

## **KUVAT**

Kuva 1. Lineaarinen talous vs. kiertotalous (Urban Mining).	9
Kuva 2. Kiertotalouden pääperiaatteet (Hyvärinen 2016, 12).	11
Kuva 3. Jätteiden käsittelyn etusijajärjestys (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2016).	12
Kuva 4. Topinpuiston asemakaava.	26

## **TAULUKOT**

Taulukko 1. Hiilijalanjäljen esimerkkivertailu (Häkkinen ym. 2011, 20–22; Veijola 2011, 115, 139, 141).	19
Taulukko 2. Materiaalivalintojen etusijajärjestys.	39

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tutkimuskysymykset

Rakentaminen kuluttaa eniten luonnonvaroja verrattuna muihin toimialoihin, mutta toisaalta rakennussektori myös sitoo suuren osan yhteiskunnan käyttämistä raaka-ainesta (Sitra 2014, 10; Suomen Ympäristökeskus 2017, 2). Rakennusalalla kiertotalous on uusi kehityssuunta. Rakennusalalla pyritään saamaan pysyvä muutos rakennustapoihin, materiaalivalintoihin ja -suunnitteluun, jotta edistetään luonnonvarojen kestäväää käyttöä ja pyritään säilyttämään luonnon monimuotoisuutta.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on kartoittaa keinoja, miten uudisrakennuksen materiaalivalinnoissa voidaan huomioida kiertotalouden periaatteet sekä mihin seikkoihin tulisi kiinnittää huomiota materiaalia valittaessa. Työssä selvitetään, millaisia mahdollisuuksia ja haasteita rakennusmateriaaleihin liittyy. Lisäksi luodaan katsaus siihen, miten lainsäädäntö tukee kiertotalouden mukaista rakentamista. Kartoitusten pohjalta on annettu ehdotuksia Topinpuiston vierailukeskuksen materiaalien valintaan.

Työssä vastataan seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1. Mitä kiertotalous tarkoittaa rakennusmateriaaleissa?
2. Mihin tulisi kiinnittää huomiota, kun valitaan kiertotalouden mukaisia rakennusmateriaaleja ja mitä keinoja niiden valintaan on?
3. Mitkä ovat rakennusalan mahdollisuudet ja haasteet kiertotalouden mukaiselle rakentamiselle?

## 1.2 Tutkimuksen taustaa

Lounais-Suomen Jätehuolto Oy (myöhemmin LSJH) suunnittelee Turun Orihedon alueelle Topinpuiston kiertotalouskeskusta, jonka yhteyteen rakennetaan kiertotalouden vierailukeskus. LSJH haluaa vierailukeskuksesta alueellisen kiertotalouden näyteikkunan. Tavoitteena on kehittää Topinpuiston aluetta tulevaisuuden kiertotalouskeskukseksi, jossa alueen muut toimijat yhdessä edistävät kiertotaloutta. Tärkeää vierailukeskuksen rakentamisessa on jätteiden etusijajärjestyksen noudattamisen, joka ohjaa LSJH-yhtiön perustoimintaa ja rakentamista sekä lisäksi vierailukeskuksen rakennuksen koko elinkaaren huomioimisen jo suunnitteluvaiheessa. (Metsänranta 2018.)

Topinpuiston aluetta kehitetään Turun kaupungin lähtökohtien mukaan. Turun kaupungin yhtenä painopistealueena on hiilineutraalius ja resurssiviisaus. Turun kaupungin lähtökohtana Topinpuiston vierailukeskuksen rakennukselle on terveellisyys ja turvallisuus. Lisäksi rakennuksen tulee edustaa toimijan intressiä ja toiminnan ekologista taustaa tai tavoitetta. Kylliön (2018) mukaan rakennus voisi toimia innovatiivisena kokeilupohjana, jonka kautta voidaan kehittää materiaaleja ja niiden valintojen merkitystä. Lisäksi maise-mallinen imago, viihtyvyystekijät, eri tekniikat maantäytössä ja vesien johtamisissa sekä energian saanti olisi huomioitava. Keskiössä ovat suunnittelun tärkeys ja ympäristön huomioiminen kokonaisvaltaisesti.

Tämän opinnäytetyön tulokset luovat suosituksen vierailukeskuksen kiertotalouden mukaisiin materiaalivalintoihin. Tässä opinnäytetyössä keskitytään Topinpuiston vierailukeskuksen uudisrakennuksen rakennusmateriaaleihin ja niiden valintojen ohjaamiseen kiertotalouden suuntaan. Opinnäytetyössä ei oteta kantaa energian käyttöön, rakennettuun ympäristöön tai rakennuksen sisätiloihin.

Tämä opinnäytetyö on toteutettu osana 6Aika: Tulevaisuuden kiertotalouskeskukset (CircHubs) -hanketta, jonka kumppaneina toimivat Lounais-Suomen Jätehuolto Oy, HSY Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä, Oulun Jätehuolto Oy, TTY-säätiö sr, Ekokumppanit Oy ja Suomen ympäristökeskus. Hankkeen tavoitteena on löytää keskusten ympärille kiertotaloudesta kumpuavaa yhteistyötä ja liiketoimintaa sekä tukea kiertotalouteen liittyvien innovaatioiden kaupallistamista (Turun ammattikorkeakoulu 2018). Opinnäytetyön tilaajana toimii Lounais-Suomen Jätehuolto Oy.

Työn teoriaosuudessa esitellään, mitä kiertotalous on, miten kiertotalous näkyy rakentamisessa sekä vertaillaan yleisimpien käytettyjen rakennusmateriaalien hiilijalanjälkeä ja valmistusenergian tarvetta. Lisäksi lyhyesti tarkastellaan lain ja vapaaehtoisten ohjauskeinojen reunaehdot rakentamisessa. Teoriaosuuden jälkeen pohditaan, kuinka vierailukeskuksen rakennusmateriaalit voidaan valita kiertotalouden mukaisesti ja esitellään millaisia mahdollisuuksia ja haasteita rakennusmateriaalien valintaan liittyy.

Kartoituksessa hyödynnettiin alan raportteja, artikkeleita ja muuta kirjallisuutta. Laajempaa konkreettista tietoa kiertotaloustoimien potentiaalista rakennusalalla on vaikea löytää. Tietopohjana on vain yksittäisiä esimerkkejä, mutta ei laajaa taustatietoa. (Antikainen ym. 2018, 21.) Tietoa täydennettiin kahdella asiantuntijahaastattelulla. Työtä varten haastateltiin kestävän rakentamisen asiantuntija Jessica Karhua Green Building Council Finlandilta ja Joutsenmerkki-standardin asiantuntija Rauli Lautkankareta Turun

ammattikorkeakoululta. Haastatteluiden tarkoituksena on saada asiantuntijoiden omaa näkemystä siitä, mitkä ovat rakennusalan haasteet ja mahdollisuudet kiertotalouden mukaiselle rakentamiselle. Tutkimusotteeksi valittiin laadullinen tutkimus.



## 2 KIERTOTALOUS

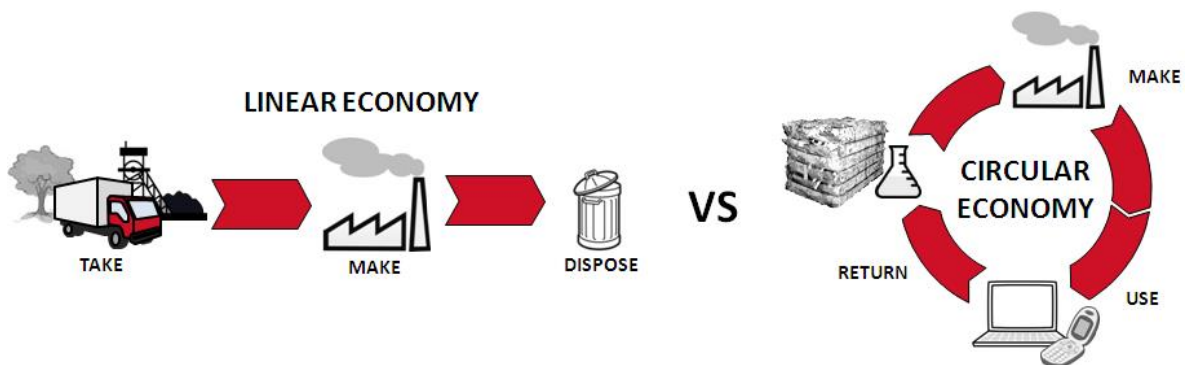
### 2.1 Linearisesta talousmallista kohti kiertotaloutta

Kiertotalous on käsitteenä vanha, mutta toimintamallina uusi. Rakennusalalla kiertotalous on koko ajan enemmän esillä puheenaiheissa, toimintamalleissa ja lainsäädännössä, kun pyritään vastaamaan muuttuviin vaatimuksiin luonnon kantokyvyn säilyttämiseksi.

Sitra (2018) kuvailee kiertotalouden olevan ”talousmalli, jossa ei tuoteta jatkuvasti lisää tavaroita, vaan kulutus perustuu omistamisen sijaan palveluiden käyttämiseen: jakamiseen, vuokraamiseen ja kierrättämiseen”. Kiertotalouden ajatuksena on, että raaka-aineet ja materiaalit pysyvät pitkään kierrossa säilyttäen arvonsa sekä samalla haittavaiikutukset ympäristöön vähenevät. Kiertotalouden tavoitteena on, että jätettä ei synny, kun ylijäämämateriaalit käytetään raaka-aineeksi muille tuotteille ja tuotteet suunnitellaan uudelleenkäytettäväksi. (Elinkeinoelämän keskusliitto 2018.)

Kiertotaloudella halutaan korvata nykyinen lineaarinen talousmalli, joka perustuu materiaalien kuluttamiseen ja niiden hylkäämiseen käytön jälkeen. Lineaarinen ”ota, valmista, hävitä” -talousmalli pohjautuu edullisiin ja helposti saatavilla oleviin materiaaleihin ja hollittomaan energian käyttöön (Alhola ym. 2016, 7). Kierrättäminen on erillään tuotannosta: tuote ja tuotanto suunnitellaan vain sen ensimmäiseen käyttöön (Sitra 2014, 4).

Kuvassa 1 on esitetty lineaarisen ”ota, valmista, hävitä” -talousmallin tuotantovaiheet sekä kiertotalouden mukaiset tuotantovaiheet, johon kuuluvat ”valmista, käytä, palauta”.



Kuva 1. Lineaarinen talous vs. kiertotalous (Urban Mining).

Ellen MacArthur Foundationin (2013, 22–23) mukaan kiertotalouden perustana on muutamia periaatteita:

- Jätteen synnyn ehkäisy suunnitteluvaiheessa. Jätettä ei synny, kun tekniset ja biologiset komponentit suunnitellaan pysymään materiaalikierrossa, purkamisessa tai korjaamisessa. Biologiset ravintoaineet voidaan kompostoida, kun taas tekniset ravintoaineet, polymeerit, seokset ja muut ihmisen valmistamat materiaalit, on suunniteltu uudelleenkäytettäväksi mahdollisimman vähällä energialla.
- Elinkaaren pidentäminen muunneltavuudella. Suunnittelu toteutetaan niin, että tuotetta voidaan uudistaa ja korjata.
- Uusiutuvien energialähteiden käyttö. Järjestelmien pitäisi pyrkiä toimimaan uusiutuvalla energialla.
- Järjestelmäajattelu. Kyky ymmärtää, miten osat vaikuttavat toisiinsa kokonaisuutena.
- Jäte on ruokaa. Kyky tuoda tuotteet ja materiaalit takaisin biosfääriin myrkyttömiä, korjaavien silmukoiden avulla.

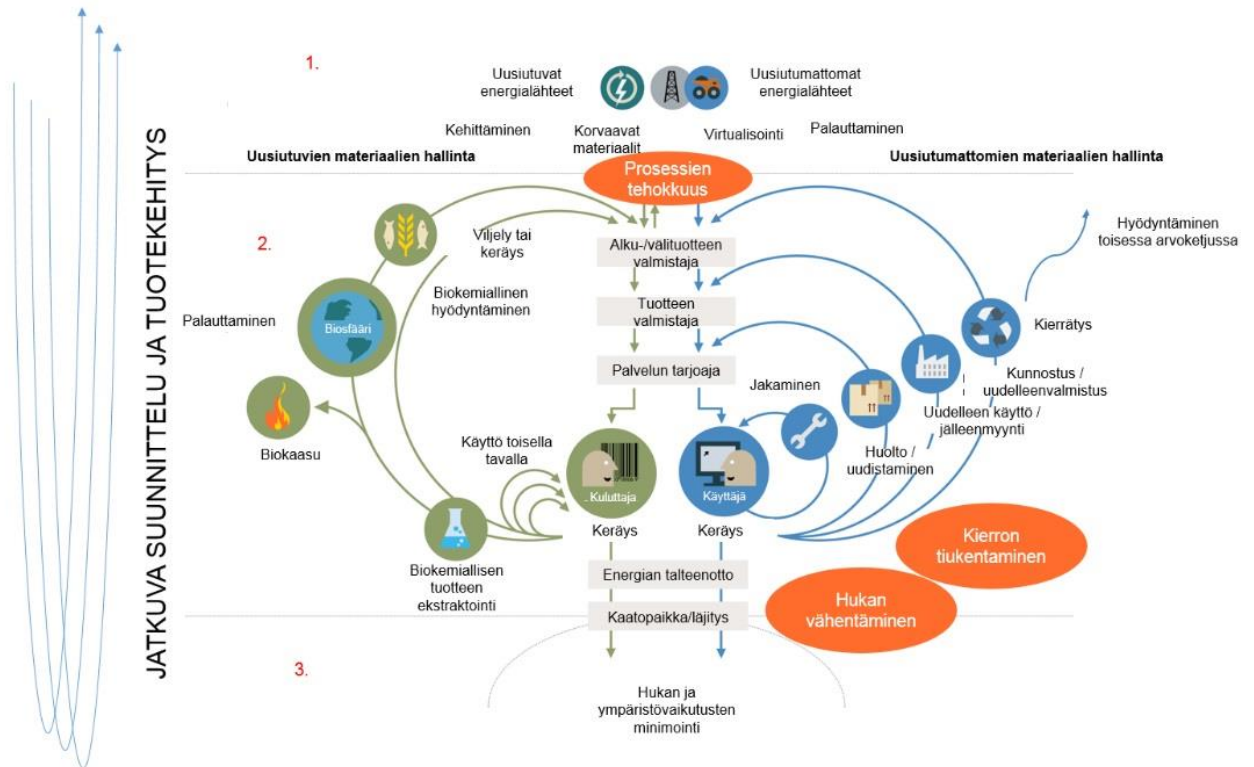
Kiertotalous seuraa, minimoi ja poistaa talouden jätevirtoja niin, että materiaalit ja tuotteet kiertävät eivätkä vain kulu. (Sitra 2014, 4.) Materiaalit ja tuotteet suunnitellaan koko elinkaari huomioiden niin, että tuotteisiin ei lisätä aineita, jotka estävät sen kierrättämisen sekä niin, että tuotteen materiaalit ja raaka-aineet saadaan eroteltua. Kaiken pitää lähteä hyvästä tuotesuunnittelusta, jolla taataan tuotteen pitkäikäisyys, korjattavuus ja kierrätettävyys (Suomen Ympäristökeskus 2017, 1).

Kiertotalouden tekee välttämättömäksi maapallon kantokyvyn kestävyiden rajat ja kiihtyvä ilmastonmuutos yhdessä globaalin väestönkasvun, luonnonvarojen vähenemisen ja länsimaisten kulutustottumusten leviämisen takia. Yhdessä nämä uhkaavat ihmiskunnan hyvinvointia. (Elinkeinoelämän keskusliitto 2018.)

## 2.2 Kiertotalouden pääperiaatteet

Kuvassa 2, esitetään kiertotalouden eri prosessit ja kestävät arvonluomisketjut. Kuvassa kuvataan, miten tekniset ja biologiset ravintoainepohjaiset tuotteet ja materiaalit kulkevat taloudellisen järjestelmän läpi, joista jokaisella on omat ominaisuutensa (Ellen MacArthur Foundation 2013, 24). Vasemmalla biologiset kierrot ja oikealla tekniset kierrot. Kiertotaloudessa biologisten kiertojen olennaisena osana on tuotteiden ja palveluiden jätteen

palauttaminen turvallisesti osaksi ravinneketjua. Teknisten kiertojen olennaisena osana on neitseellisten raaka-aineiden käytön vähentäminen sekä tuotteiden ja materiaalien pitkäikäisyys.



Kuva 2. Kiertotalouden pääperiaatteet (Hyvärinen 2016, 12).

Kuvaan on merkattu punaisella numerot 1–3, jotka kuvaavat Ellen MacArthur Foundation (2015, 6–9) laatimia kiertotalouden pääperiaatteita:

- Pääperiaate yksi: Prosessin tehostaminen. Luonnon pääoman säilyttäminen ja parantaminen valvomalla rajallisia varastoja ja tasapainottamalla uusiutuvia luonnonvaroja.
- Pääperiaate kaksi: Kierron tiukentaminen. Biologisten ja teknisten resurssituottojen optimointi kierrättämällä tuotteita, komponentteja ja materiaaleja.
- Pääperiaate kolme: Hukan vähentäminen ja järjestelmän tehostaminen.

Kolme pääperiaatetta voidaan jakaa kuudeksi eri toiminnoksi: kehittäminen (Regenerate), jakaminen (Share), optimointi (Optimise), kierrätys (Loop), virtualisointi (Virtualise) ja vaihtaminen (Exchange). Yhdessä nämä muodostavat Ellen MacArthur

Foundationin kehittämän ReSOLVE -kehiksen, joka auttaa siirtymisessä kiertotalouden mukaiseen toimintaan. (Ellen MacArthur Foundation 2015, 6–9.)

### 2.3 Jätteiden etusijajärjestys

Suomen jätelainsäädännössä on määritelty jätteenhuollon etusijajärjestys, joka perustuu Euroopan unionin säätämään viisiportaiseen jätehierarkiaan. Ensimmäisenä on jätteen määrän ja haitallisuuden vähentäminen. Seuraavaksi uudelleenikäytön valmistelu, kierrätys, hyödyntäminen energiana tai muu hyödyntäminen sekä viimeisenä loppukäsittely. (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2016.) Kuvassa 3 esitetään jätteiden käsittelyn etusijajärjestys ja sen eri tasot.



Kuva 3. Jätteiden käsittelyn etusijajärjestys (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2016).

Suomen jätelaissa määritellään, että ”viranomaisen ja julkisoikeudellisen laitoksen ja yhteisön on omassa toiminnassaan mahdollisuuksien mukaan käytettävä kestäviä, korjattavia, uudelleenkäytettäviä, kierrätettäviä ja kierrätetyistä raaka-aineista valmistettuja tuotteita sekä palveluita, joissa syntyy mahdollisimman vähän ja mahdollisimman haitatonta jätettä. Kaikessa toiminnassa on mahdollisuuksien mukaan noudatettava

seuraavaa etusijajärjestystä: Ensisijaisesti on vähennettävä syntyvän jätteen määrää ja haitallisuutta. Jos jätettä kuitenkin syntyy, jätteen haltijan on ensisijaisesti valmistettava jäte uudelleenkäyttöä varten tai toissijaisesti kierrätettävä se. Jos kierrätys ei ole mahdollista, jätteen haltijan on hyödynnettävä jäte muulla tavoin, mukaan lukien hyödyntäminen energiana. Jos hyödyntäminen ei ole mahdollista, jäte on loppukäsiteltävä”. (Jätelaki 646/2011, 8, 11 §.)

### 3 KIERTOTALOUS RAKENNUSSEKTORILLA

Tässä luvussa pohditaan, mitä kiertotalous tarkoittaa rakennussektorilla. Rakennusala on yksi potentiaalisin teollisuussektori luonnonvarojen kestävästä käytöstä ja materiaalihokkuuden edistämiseksi.

Kiertotalouden mukaiseen rakentamiseen liittyy vahvasti elinkaariajattelu, sillä jo rakennuksen suunnitteluvaiheessa eri valinnoilla vaikutetaan ympäristövaikutuksiin, joilla on kauaskantoisia vaikutuksia. Elinkaariajattelu ja hyvä suunnittelu olisi otettava toteutettavan rakennuksen lähtökohdiksi. Lisäksi keskiössä on materiaalin kierrätys ja kierrätyksen tehostaminen. Jätedirektiivin muutos velvoittaa vuoteen 2020 mennessä hyödyntämään rakennus- ja purkujätteestä 70 % muutoin kuin energiana tai polttoaineena, joten materiaalihokkuuden ja kierrätyksen lisääminen on välttämätöntä.

Rakennussektori alkaa ymmärtää toimintansa vaikutukset ympäristöön ja yhteiskuntaan (Vatanen 2016, 2). Rakennusala on välttämätöntä siirtyä kiertotalouden mukaiseen rakennustoimintaan, jotta rakennetun ympäristön energian- ja resurssien käyttö asetetaan luonnon kantokyvyn rajoihin. Rakennetulla ympäristöllä on kiertotaloudessa olennainen rooli materiaalien ja energian kiertokulkujen optimoimisessa ja resurssien palauttajana ja uudistajana. (Green Building Council Finland 2018a, 4.)

Kiertotalouden mukaisella rakentamisella edistetään kestävästä rakentamisesta. Kestävällä rakentamisella tarkoitetaan kestävästä kehityksen mukaista rakennustoimintaa, jonka päätavoitteena on luonnon monimuotoisuuden säilyminen. (Hänninen 2016.) Kestävällä rakentamisella tulisi huomioida sosiaaliset, kulttuurilliset, taloudelliset ja ekologiset näkökohdat.

Rakentamisen sosiaaliset näkökohdat näkyvät kaupunkiympäristössä esimerkiksi, niin etteivät rakennukset tai alueet rapistu ennenaikaisesti. Kulttuurinen näkökohta kytkeytyy myös rakennuksen pitkäikäisyyteen. (Punkki, 508, 510.) Taloudellinen näkökohta kytkeytyy rakennuksen elinkaarikustannusten optimointiin, jossa kiinnitetään huomiota muun muassa rakennuksen käytön aikaisiin kustannuksiin, tilasuunnitteluun, energiatehokkuuteen ja huollettavuuteen. (Rossilahti, 37.) Ekologiset näkökulmat liittyvät rakennuksen ympäristöystävällisyyteen. Rakennus ja rakentaminen aiheuttavat mahdollisimman vähän ympäristövaikutuksia, rakennus on terveellinen ja turvallinen sekä pitkäikäinen. (Punkki, 510.)

Kiertotaloustoimet rakentamisessa voidaan jakaa kolmeen ryhmään: materiaalitehokkuus, rakennusten käytön optimointi sekä rakennuksen elinkaaren pidentäminen. Materiaalitehokkuudessa korostetaan rakennusten suunnittelun vaikutusta materiaalivalinnoissa. (Antikainen ym. 2018, 20–21.) Materiaalitehokkuutta rakentamisessa parannetaan kestävästi tuotetuilla ja uusiutuvilla materiaaleilla sekä rakennusjätteen määrän minimoinnilla ja kierrätyksen tehostamisella. Materiaalivalinnoissa suositaan paikallisesti ja vähällä energialla tuotettuja luonnonmateriaaleja, jotka ovat pitkäikäisiä, helposti korjattavia ja kierrätettäviä. Kierrätyksen tehostamisessa on otettava alueellinen näkökulma huomioon: suosi paikallisia raaka-aineita ja teollisuuden sivuvirtoja. (Hyypä 2012, 26; Hänninen 2016.)

### 3.1 Elinkaariajattelu

Elinkaariajattelu käytännössä tarkoittaa sitä, että tarkastellaan koko rakennuksen elinkaarta eikä vain rakentamisvaihetta. Elinkaaritarkastelussa rakennuksen ajanjaksoksi määritellään koko sen laskennallinen käyttöikä, esimerkiksi 50–100 vuotta. Rakennuksen elinkaaren vaiheita ovat rakentaminen, käyttö ja purku. (Punkki, 508.) Elinkaarivaikutuksia arvioidaan kestävä kehityksen mukaisesti: ekologisen, sosiaalisen ja taloudellisen kestävyuden kautta (Kuittinen & le Roux 2017, 9, 30).

Elinkaariajattelulla saadaan kokonaiskuva rakennuksen tai materiaalin ympäristövaikutuksista ja näin vältetään ongelmien siirtämistä eteenpäin ajassa. Sen avulla vältetään osaoptimointi ja tunnistetaan kustannustehokkaita tapoja, joilla parannetaan rakennuksen käyttöikää tai vähennetään ympäristövaikutuksia. Parhaat hyödyt saavutetaan elinkaariajattelusta sovellettaessa sitä jo hankintojen suunnittelussa. (Kuittinen & le Roux 2017, 9, 30.)

Elinkaariajattelussa voidaan panostaa rakentamisessa tiettyihin rakennusmateriaaleihin ja -komponentteihin (Punkki, 508). Elinkaariajattelu kytkeytyy rakennusten, rakenteiden ja elementtien suunnitteluun pitkäikäisiksi, purettaviksi, siirrettäviksi ja uudelleenkäytettäviksi. Käytännössä tämä tarkoittaa rakennuksessa käytettävien elementtien elinkaaren maksimointia 150–200 vuoteen sekä rakenteiden ja rakennusosien modulaarista suunnittelua, jolla saadaan muutettua rakennuksen käyttöä käyttötarkoituksen mukaan. (Ethica 2018.)

### 3.2 Suunnittelun merkitys

Rakennusalan olisi huomioitava purkuvaihe jo suunnittelu- ja rakentamisvaiheessa, jotta rakennusmateriaalien talteenotto ja uusiokäyttö helpottuu. Suunnittelun yhteydessä tulisi laatia elementtien ja rakennusosien purku- ja uudelleenkäyttösuunnitelma. Rakenteet tulisi suunnitella, niin että elementit ja arvokkaat materiaalit saataisiin helposti purettua. (Sitra 2014, 59; Ethica 2018.) Rakennusten suunnittelussa tulisi pyrkiä materiaalien, erityisesti puun ja metallien helppoon eroteltavuuteen korjaus- ja purkutilanteissa (Häkkinen ym. 2013, 34).

### 3.3 Kierrätettävyys

Ympäristöä vähiten kuluttava, kestävä rakentaminen, lähtee materiaalin kierrätettävyydestä ja täten materiaalivirtojen pienentämisestä. Kierrätettävyydellä saadaan säästöjä jätteiden käsittelykuluista sekä saavutetaan taloudellisia säästöjä, samalla vähentäen ympäristöön vaikuttavia päästöjä.

Rakennusosien tulee olla kierrätettäviä. Kierrätys voidaan jakaa kahteen kategoriaan: uudelleenkäyttöön ja uusiokäyttöön. Rakennusmateriaalin uudelleenkäyttö tarkoittaa materiaalin uudelleenkäyttämistä samaan tarkoitukseen kuin sen alkuperäinen käyttötarkoitus. Esimerkiksi koko rakennus voidaan purkaa ja koota uudelleen toisessa paikassa tai ikkuna karmeineen hyödynnetään sellaisenaan. Uudelleenkäyttö vähentää tarvittavia materiaaleja uusissa tuotteissa. Uusiokäyttö tarkoittaa rakennusosan tai -komponentin käyttöä muuhun käyttötarkoitukseen kuin sen alkuperäinen tarkoitus on ollut. (Alhola ym. 2016, 23; Punkki, 515.) Esimerkiksi rakennusosan tai -materiaalin käyttö täyttömaana tai raaka-aineena uuden tuotteen tai materiaalin valmistuksessa.

### 3.4 Yleisimmät käytetyt rakennusmateriaalit

Rakentaminen ei lopu, vaan se tulee kasvamaan globaalisti. Keskusteltaessa ilmastonmuutoksen hillinnästä ja rakentamisen ympäristövaikutuksista ovat rakennustuotteet ja -materiaalit keskeisenä osana. (Häkkinen ym. 2013, 4.)

Rakennuksessa käytettävien materiaalien ympäristökuormat ja hiilijalanjälki eroavat toisistaan. Siksi on tärkeää huomioida rakennusmateriaalit kokonaisvaltaisesti. (Häkkinen



ym. 2013, 33.) Rakennusmateriaalien valmistus ja itse rakentaminen aiheuttavat rakennuskannan merkittävimmät ympäristövaikutukset. Lisäksi laaja tutkimusaineisto osoittaa, että rakennusmateriaalien osuus rakennuksen elinkaaren päästöistä on merkittävä: rakennusmateriaalien valmistus aiheuttaa jopa 5 % Suomen kasvihuonepäästöistä. (Bionova 2017, 2; Pajunen 2017.) Rakennusmateriaalien valmistus energiantarpeella on suuri merkitys materiaalin valinnassa, jotta materiaalin aiheuttamat ympäristövaikutukset ja hiilijalanjälki pysyvät kohtuullisina.

Seuraavaksi tarkastellaan yleisimpien rakentamisessa käytettyjen rakennusmateriaalien ympäristövaikutuksia, hiilijalanjälkeä sekä valmistus energiantarvetta. Yleisimpiä käytettyjä rakennusmateriaaleja rakentamisessa ovat puu, betoni, teräs, tiili, muovi sekä lasi. Puun osuus rakentamisessa on 38 %, betonin 54 % ja teräksen 8 % (Veijola 2011, 77).

#### 3.4.1 Ympäristövaikutukset

Rakennukset ja rakennusmateriaalit vaikuttavat usealla tavalla sekä ympäristöön että terveyteen. Ympäristövaikutuksia ovat päästöt ilmakehään, vesistöön ja maaperään, sekä jäte- ja sivuvirrat. Rakennusmateriaalit ja -tuotteet vaikuttavat lisäksi terveyteen ja hyvinvointiin käyttö- ja asennusvaiheessa niistä johtuvien hiukkaspäästöjen takia. (Bionova 2017, 12.)

Kiertotalouden mukaisen rakentamisen rakentamisvaiheen ympäristökuormat on saatava mahdollisimman alas, sillä rakentamisvaihe kuluttaa suuret määrät materiaaleja ja energiaa. Rakentamisvaiheita ovat raaka-aineen hankinta, tuotteen valmistus, kuljetus, rakennusmaan käyttöönotto ja maansiirrot sekä itse rakentaminen. Lopuksi rakennuksen purkaminen ja jätteen hyödyntäminen tai loppusijoitus aiheuttaa vaikutuksia. Kuitenkaan rakentamisvaiheen ympäristökuormia ei voi minimoida muiden ominaisuuksien kustannuksella, esimerkiksi ei pidä rakentaa lyhytikäistä tai epäterveellistä rakennusta, vaikka ympäristökuormat olisivatkin matalat. (Häkkinen ym. 2013, 7; Punkki, 511.)

Materiaalien ympäristökuorma koostuu monista eri osatekijöistä eikä materiaalien vertaaminen toisiinsa ole aina suoraviivaista. Ympäristökuorman osatekijöitä ovat raaka-aineen tuotanto, valmistuksen ja kuljetuksien päästöt sekä energian ja luonnonvarojen kulutus suhteessa tuotteen kierrätettävyyteen, käyttöikänsä ja muihin elinkaaren aikaisiin energian ja luonnonvarojen kulutukseen. (Hänninen 2016.)

Ympäristövaikutusten arvioinnilla pyritään estämään haitallisia ympäristövaikutuksia. Niiden arviointiin on olemassa eri tapoja. EPD (Environmental Product Declaration) on elinkaarianalyysiin perustuva, vapaaehtoinen ja standardoitu tapa esittää luotettavasti olennaiset, varmennetut ja vertailukelpoiset tiedot valmistamansa tuotteen tai tuoteryhmän ympäristövaikutuksista. Rakennustiedon (2018) mukaan EPD-indikaattorien huomioimat elinkaaren aikaiset ympäristövaikutukset ovat:

- ilmastonmuutosvaikutus, joka huomioi niin kutsutun hiilijalanjäljen
- otsonia tuhoavat aineet, jotka ohentavat otsonikerrosta
- maaperää ja vesistöjä happamoittavat päästöt, jotka vahingoittavat ekosysteemejä ja rakennettua ympäristöä
- rehevöitymistä aiheuttavat päästöt, jotka aiheuttavat happikatoa vesistöissä
- uusiutumattomien energiavarojen ja mineraalivirtojen ehtyminen, joka aiheutuu näiden resurssien hyväksikäytöstä.

### 3.4.2 Hiilijalanjälki

Materiaalia valittaessa luontevin valinta ei aina ole se parhain. Esimerkiksi sademetsästä kaadettu puu ei olekaan enää ekologisempi valinta kuin Norjassa vesivoimalla valmistettu kierrätysteräs. (Kuittinen & le Roux 2017, 51.)

Rakennusmateriaalia valittaessa on suositeltavaa käyttää riippumatonta EPD-ympäristöselostetta, josta näkyy luotettavasti materiaalin koko elinkaaren hiilijalanjälki. EPD ottaa huomioon millä energialla ja missä päin maailmaa materiaali on valmistettu.

Taulukossa 1 esitetään tiettyjen materiaalien hiilijalanjäljen esimerkkivertailu.

#### **Hiilijalanjäljen esimerkkivertailu**

Taulukosta 1 huomataan, että alla esitetyistä rakennusmateriaaleista pienin hiilijalanjälki on lentotuhkatiileillä. Lentotuhkatiilen raaka-aineena käytetään perinteisen saven sijaan kivihiilen polton sivutuotteena syntyvää lentotuhkaa (Veijola 2011, 115). Yleisesti ottaen puumateriaaleilla on negatiivinen hiilijalanjälki, koska puu sitoo hiiltä enemmän, kuin puutuotteiden valmistus tuottaa päästöjä. Taulukon materiaaleista isoin hiilijalanjälki on teräksellä, koska sen valmistaminen kuluttaa paljon energiaa ja täten aiheuttaa paljon päästöjä. Taulukosta ei kuitenkaan käy ilmi materiaalien valmistustapaa tai sijaintia.

Lisäksi hiilijalanjäljen ympäristöselostetiedoista ei käy ilmi, ovatko tiedot luotettavia ja varmennettuja.

Taulukon materiaalit eivät ole suoraan verrannollisia toisiinsa, koska osa materiaaleista on uusio- ja osa neitseellisiä materiaaleja. Raakapuu, betoni ja teräs ovat neitseellisiä materiaaleja ja lentotuhkatiili, uusiomuovi ja uusiolasi ovat uusiomateriaaleja, joiden valmistuksessa on käytetty kierrätysmateriaalia tai teollisuuden sivuvirtoja.

Materiaali	Hiilijalanjälki [CO <sub>2</sub> ekv/kg]
Raakapuu	70 g
Betoni (valmisbetoni K35)	140 g
Teräs (palkit ja putket)	1090 g
Lentotuhkatiili	< 45,4 g/tiili
Uusiomuovi	167 g
Uusiolasi	349 g

Taulukko 1. Hiilijalanjäljen esimerkkivertailu (Häkkinen ym. 2011, 20–22; Veijola 2011, 115, 139, 141).

### 3.4.3 Valmistusprosessiin tarvittava energia

Rakennusmateriaalien valmistus kuluttaa tietyn määrän energiaa riippuen valmistettavasta materiaalista. Kiertotalouden mukaisessa rakentamisessa kierrätysmateriaalien käyttö vähentää neitseellisten raaka-aineiden tarvetta, samalla materiaalin valmistusprosessiin tarvittava energia ja päästöt ympäristöön vähenevät.

Eri rakennusmateriaaleilla on omat valmistusenergian tarpeensa. Jalostamattomien puutuotteiden valmistus kuluttaa vähiten energiaa, kun taas teräksen valmistus kuluttaa eniten energiaa. Toisaalta teräksen valmistuksessa käytetään paljon kierrätettyä materiaalia, kun taas muovi valmistetaan neitseellisestä materiaalista, öljystä, jonka valmistukseen kuluu melko paljon energiaa riippuen valmistettavasta muovilaadusta. Alla esitetään eri materiaalien eriteltyt valmistusenergian tarpeet.

## **Puu**

Puurakenteiden valmistaminen ja työstö kuluttavat vähän energiaa, lisäksi puurakenteet on helppoja korjata, muunnella ja kierrättää. Puuosien lisäjalostaminen lisää energiankulutusta. Sahatavaran valmistusenergian tarve on 150–270 kWh/tonni ja liimapuun tarve on noin 1050–1170 kWh/tonni. (Hänninen 2016.)

Tavallisimpia rakentamisessa käytettävät puupohjaiset tuotteet ovat erilaiset eristeet sekä puulevyt. Puukuitueristeen valmistusenergian tarve on noin 1000 kWh/tonni, puukuitulevyn 3500–4090 kWh/tonni, lastulevyn noin 1890 kWh/tonni ja vanerin noin 5000 kWh/tonni. Paineekyllästetyn puun valmistusenergian tarve on noin 225–345 kWh/tonni. (Hänninen 2016.)

## **Betoni**

Betonin valmistusenergian tarve on 400–540 kWh/tonni, betonielementin 1000–2000 kWh/tonni. Sementin valmistuksen ja kuljetuksen energiantarve on 1250–1390 kWh/sementtitonni. (Hänninen 2016.)

## **Teräs**

Teräksen valmistusenergian tarve on 9000–10 000 kWh/tonni. Sinkitseminen estää raudan ruostumista, mutta kuluttaa paljon energiaa. (Hänninen 2016.)

## **Tiili**

Huokoisen tiilen valmistusenergian tarve on noin 1000–1200 kWh/tonni ja klinkkerin noin 1200–1400 kWh/tonni (Hänninen 2016).

## **Muovi**

Muovien tuottaminen kuluttaa melko paljon energiaa. Esimerkiksi polyeteenin valmistusenergian tarve on noin 8200 kWh/tonni ja polystyreenin noin 18 900 kWh/tonni. (Hänninen 2016.)

## **Lasi**

Lasin valmistuksessa lasimassan sulatus korkeisiin lämpötiloihin kuluttaa energiaa. Lasin valmistuksen tuotannossa kulutettu energia on 5130 kWh/tonni (Veijola 2011, 98).

## 4 LAKI JA VAPAAEHTOISET OHJAUSKEINOT RAKENNUSSEKTORILLA

Rakennuksen suunnittelua, rakentamista, kiinteistön ylläpitoa ja lopulta sen purkamista koskevat monet eri vaatimukset ja tavoitteet. Osa on lakisääteisiä ja osa itse asetettuja. (Kuittinen & le Roux 2017, 32.) Tässä luvussa luodaan katsaus siihen, miten maankäyttö- ja rakennuslaki tukee kestäväää rakentamista sekä esitellään vapaaehtoisuuteen perustuvat ympäristöluokitusjärjestelmät ja Joutsenmerkki-ympäristöluokitusjärjestelmä, jonka pääpainopiste on materiaaleissa.

### 4.1 Laki

Suomessa maankäyttö- ja rakennuslaki ohjaa rakentamista. Laki edellyttää ympäristön ja maiseman huomioimista maankäytön suunnittelussa, varmistaa rakentamisen laatua ja energiatehokkuutta sekä edistää kestäväää kehitystä (Ympäristöosaava 2018).

Lain yleisenä tavoitteena ”on järjestää alueiden käyttö ja rakentaminen niin, että siinä luodaan edellytykset hyvälle elinympäristölle sekä edistetään ekologisesti, taloudellisesti, sosiaalisesti ja kulttuurisesti kestäväää kehitystä” (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999, 1 §).

Maankäyttö- ja rakennusasetuksen ja rakennusluvan myöntämisen edellytyksenä rakennuksen ekologiselle näkökohdalle on, että rakennuksen tulee olla korjattavissa, huollettavissa ja muunneltavissa. Kuitenkaan rakennuksen elinkaariajattelua tai ekologista rakentamista ei ole otettu toteutettavaksi käytännön tasolle. (Kojo & Lilja 2011, 44.)

### 4.2 Ympäristöluokitusjärjestelmät

Ympäristöluokitusjärjestelmät tai ympäristösertifikaatit ovat vapaaehtoisuuteen perustuvia, eli toimija voi halutessaan noudattaa niitä toiminnassaan. Ympäristöluokitusjärjestelmät ohjaavat toimijoita ympäristötehokkuuteen, ympäristöjohtamisen huomioimiseen, ekologiseen rakennusten suunnitteluun, ympäristötehokkaan kiinteistömarkkinoinnin luomiseen sekä kuluttajien valistamiseen. Lisäksi ne ohjaavat rakennusten rakennusmateriaalien valintaan, sisäilman laatuun ja sen terveellisyyteen, rakennuspaikkaan ja sen

ympäristöön, veden käyttötehokkuuteen sekä rakennuksen kokonaisvaltaiseen toimivuuteen. (Auresmaa 2016, 20.)

Pohjoismaista Suomi käyttää eniten kansainvälisiä ympäristöluokitusjärjestelmiä. Ympäristöluokitusjärjestelmillä pystytään osoittamaan avoimesti rakennetun ympäristön toimintakyky sekä rakennuksen elinkaarivaatimukset. Rakennusten luokitusjärjestelmät jaetaan eri alakategorioihin ja kriteereihin. Nämä alakategoriat ja kriteerit sisältävät indikaattoreita, jotka perustuvat kansallisiin tai kansainvälisten säädöksien raja-arvoihin. (Green Building Council Finland 2018b.)

Yleisin Euroopassa käytössä oleva ympäristöluokitusjärjestelmä on BREEAM ja maailmalla LEED. BREEAM ja LEED ympäristöstandardit keskittyvät rakennuksen energiatehokkuuteen ja sijaintiin. Sen sijaan Joutsenmerkki ottaa huomioon materiaalit.

#### 4.2.1 Joutsenmerkki

Joutsenmerkki on Pohjoismaiden ympäristömerkki, jonka tavoitteena on ohjata vastuulliseen ja kestävään toimintaan. Pohjoismaiden ministerineuvoston kuluttajasektori perusti Joutsenmerkin vuonna 1989 ja se perustuu ISO 14 024 standardiin. (Joutsenmerkki 2018a–c.)

Joutsenmerkin myöntää puolueeton kolmas osapuoli tuotteen tai palvelun ympäristöystävällisyydestä. Suomessa Joutsenmerkin myöntää Motiva Services Oy:n Ympäristömerkintä. Joutsenmerkin saamiseksi tuotteen tai palvelun tulee täyttää vaadittavat ehdot ja kriteerit, jotka perustuvat elinkaariajatteluun. (Joutsenmerkki 2018a; c.) Joutsenmerkki huomioi energian ja ilmaston lämpenemisen, kemikaalien käytön, luonnon monimuotoisuuden ja jätteiden synnyn (Joutsenmerkki 2018e).

Joutsenmerkki voidaan myöntää pientaloille, kerrostaloille, koulu- ja päiväkotirakennuksille, kesämökeille tai vapaa-ajan asunnoille, asuintaloiksi luokiteltaville palvelutaloille, sekä edellä mainittujen rakennustyypeille väliaikaisessa käytössä (moduulit tai väistötilat). (Joutsenmerkki 2018d.)

Uudisrakennusten kriteerit laaditaan elinkaarinäkökulmasta. Vaatimukset liittyvät rakennuksen energiankäytölle, rakennusmateriaaleille ja -prosessille ja rakentamisen laadunhallintaan sekä sisäosien ilmanlaatuun, materiaaleihin, rakentamiseen ja laadunvalvontaan. Rakennusmateriaalien vaatimuksissa rajoitetaan useita, perinteisissä

materiaaleissa olevia haitallisia aineita, kuten ftalaatteja ja bromattuja palonestoaineita sekä formaldehydipäästöjä. (Joutsenmerkki 2018d.) Joutsenmerkityt materiaalit eivät ole kierrätysmateriaaleja.

Uudisrakennukset ovat voineet hakea Joutsenmerkkiä vuodesta 2009 lähtien, mutta silti sen suosio alkaa nyt nousemaan Suomessa. Vasta 2015 loppuvuonna rakennettiin ensimmäinen Joutsenmerkitty talo. Rakennukselle Joutsenmerkki myönnetään kerran, jonka jälkeen vastuu Joutsenmerkki kriteerien toteutumisesta on sen kiinteistönomistajalla.



## 5 CASE: TOPINPUISTON VIERAILUKESKUS

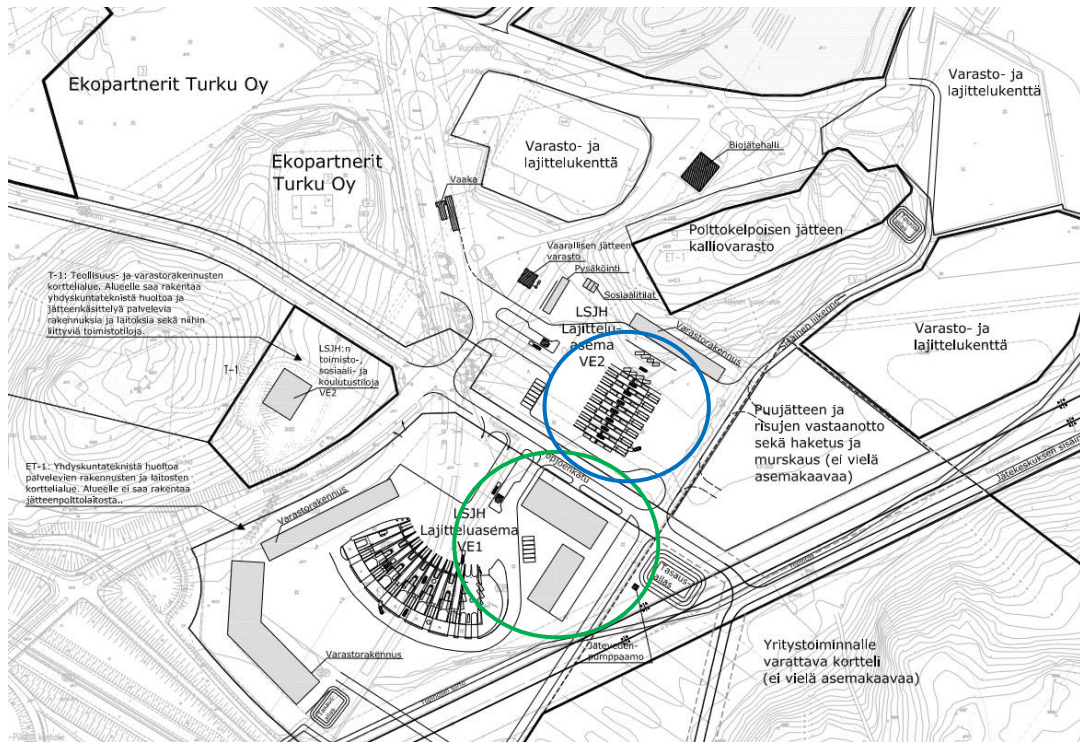
Seuraavassa luvussa esitetään Topinpuiston vierailukeskuksen nykytilanne ja tulevaisuuden näkymät. Vierailukeskuksen rakennuttamista ohjaa taloudelliset ja lain tuomat reunaehdot.

Topinpuiston vierailukeskusta kehitetään osana 6Aika: Tulevaisuuden kiertotalouskeskukset (CircHubs) -hanketta, jonka tavoitteena on kehittää 6Aika-kaupunkien kiertotalouskeskuksia. Hankkeessa pyritään luomaan uusia kiertotalouden toimintamalleja ja innovaatioita sekä uudenlaista avointa ja kommunikoivaa yhteistyötä toimialojen välillä.

Topinpuisto on Turussa sijaitseva kiertotalouskeskus ja arvoketjuja kehittävä yhteistyöverkosto. Topinpuiston tavoitteena on edistää kiertotalouden symbiooseja Turun seudulla: toisen jäte on toisen raaka-aine -periaatteella. Topinpuiston alueella yritykset yhdessä kehittävät uudenlaista, kiertotalouteen pohjautuvaa liiketoimintaa ja ratkaisuja resurssitehokkaasti. (Topinpuisto 2018.) Topinpuiston alueella toimii useita eri toimijoita: Lounais-Suomen Jätehuolto Oy, Gasum Oy, Kuntec Oy, Ekopartnerit Turku Oy, Kuusakoski Oy ja Kaivoasema Oy.

Topinpuiston aluetta ollaan laajentamassa ja muokkaamassa, joten alueelle on laadittu uusi asemakaava, joka mahdollistaa alueen muuttumisen jätekeskuksesta kiertotalouskeskukseksi. Topinpuiston alueella ei ole rakennusta, joka voitaisiin modularisoida vierailukeskuksen tarpeisiin, joten rakennus täytyy toteuttaa uudisrakennuksena. Jo suunnitteluvaiheessa on tärkeää asettaa ehtoja julkisen hankinnan kilpailutukseen, jolla tuetaan kiertotalouden mukaista rakentamista sekä, että Topinpuiston alueelliset symbioosit huomioidaan tai olemassa olevia symbiooseja tuetaan (Karhu 2018).

Vierailukeskuksen rakennus tulee sijoittumaan uudistetun lajitteluaseman viereen, josta pääsee seuraamaan ja kokemaan Topinpuiston toimintoja ja arkea. Sijainti mahdollistaa myös kiertotalouden konkreettisen esitlemisen vierailijoille. Kuvassa 4 esitetään vierailukeskuksen sijainti alueen tulevassa asemakaavassa. Vierailukeskus tulee sijoittumaan uuden katuvarauksen eteläpuolelle. Tarkkaa sijaintia ei vielä pystytä määrittämään, koska kaavoitusprosessi on käynnissä, eikä kaava ole vielä lainvoimainen opinnäyte-työtä tehdessä.



Kuva 4. Topinpuiston asemakaava.

Vierailukeskuksen uudisrakennus on merkittynä karttaan vihreällä ympyrällä ja uusi lajitteluasema sinisellä ympyrällä. Mittakaava 1:2000. Topinpuiston yleissuunnitelman luonnos. Päiväys 25.1.2018.

Vierailukeskuksen rakennus tulee toimimaan kiertotalouden näyttelytilana, joten rakennuksessa on tärkeää, että se toteutetaan kiertotalouden mukaisesti. Vierailukeskuksen rakennus tulee toimimaan Topinpuiston käyntikorttina, jossa kiteytyy alueelliset symbioosit ja kiertotalous yhdessä. Samalla vierailukeskus toimii oman alansa pioneerina ja suunnannäyttäjänä muille toimijoille.

Topinpuiston vierailukeskuksen rakennuksen kriittisiä rakenteita ei lähdetä toteuttamaan eri innovatiivisin materiaalein ja kokeiluin. LSJH on halukas kokeilemaan eri kokeellisia ja innovatiivisia materiaalivalintoja muissa vierailukeskuksen vaiheissa ja ratkaisuisa (Metsänranta 2018). Koska Topinpuiston vierailukeskuksen rakentamisessa käytetään niin sanotusti tavallisia ja yleisimpiä rakennusmateriaaleja, on tärkeää tuoda esille dokumentoiden ja eri teknologioita hyödyntäen käytettyjen materiaalien elinkaari, hiilijalanjälki ja kierrätysosuus vierailukeskuksessa kävijälle. Muutoin kiertotalouden mukainen rakentaminen voi jäädä kävijälle epäselväksi.

Kävijälle olisi tärkeää kertoa jokaisen materiaalin tarina: missä se on tuotettu, paljonko energiaa sen valmistukseen on käytetty, paljonko siinä on kierrätettyä sekä neitseellistä materiaalia ja mihin rakennusosa tai -komponentti päätyy Topinpuiston vierailukeskuksen elinkaaren päässä. Samalla voisi tuoda esille alueen muita toimintoja, yrityksiä ja symbiooseja.

Vaikka Topinpuiston alueella toimii jätteiden vastaanottopiste ja lajitteluasema, ei sinne tuotuja materiaaleja voida hyödyntää suoraan vierailukeskuksen rakennuksen rakentamisessa jätestatukseen ja jätelain takia. Lajitteluasemalle tuotuja jätteitä voidaan kuitenkin hyödyntää muussa tarkoituksessa, esimerkiksi maanrakennustöissä, vierailukeskuksen rakennuksen sisätilojen sisustamisessa ja rakennetun ympäristön elävöittämisessä muun muassa jätteistä rakennetuilla taideteoksilla (Metsänranta 2018). Jätelaki asettaa kuitenkin ehtoja tiettyjen jätteiden käytön osalta, sillä materiaalit voivat osoittautua vaarallisiksi ympäristölle ja ihmisille kestävyytensä ja mahdollisesti käytettyjen lisäaineiden vuoksi.

Seuraava askel vierailukeskuksen toteutukseen on arkkitehtikilpailun järjestäminen vierailukeskuksen rakennuksesta. Arkkitehtikilpailun rakentamisen kriteereihin merkitään kiertotaloudenmukaisten materiaalivalintojen huomioon ottaminen ja kiertotalouden mukainen rakentaminen (Metsänranta 2018).

## 6 EHDOTUS KIERTOTALOUDEN MUKAISTEN RAKENNUSMATERIAALIN VALINTAAN

Kiertotalouden mukaisen rakentamisen keskeisinä toimenpiteinä ovat materiaalitehokkuus, rakennusten käytön optimointi sekä rakennuksen elinkaaren pidentäminen. Materiaalitehokkuudessa keskeisenä osana ovat kestävästi tuotetut, kierrätyskelpoiset ja uusiutuvat materiaalit, joiden koko elinkaari on otettu huomioon. (Alhola ym. 2016, 19.)

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kartoittaa keinoja, miten Topinpuiston vierailukeskuksen materiaalivalinnoissa voidaan huomioida kiertotalouden periaatteet sekä mihin seikkoihin tulisi kiinnittää huomiota materiaalia valittaessa. Kiertotalouden mukaisen rakentamisen mahdollisuuksien ja haasteiden sekä esiteltyjen keinojen kautta vastataan työn tutkimuskysymyksiin.

Tämän opinnäytetyön tulokset luovat suosituksen vierailukeskuksen kiertotalouden mukaisiin materiaalivalintoihin. Toimenpiteinä ehdotetaan luotua materiaalivalintojen etusijajärjestystä, joka ohjaa materiaalien valinnassa kiertotalouden suuntaan sekä Joutsenmerkki-standardin mukaista rakentamista.

### 6.1 Työn toteutus

Tutkimuskysymyksiin etsittiin vastauksia tekemällä kartoitusta hyödyntämällä alan raportteja, artikkeleita ja muuta kirjallisuutta. Tässä työssä esitetyt ehdotukset Topinpuiston vierailukeskuksen materiaalivalintoihin perustuvat tehtyyn kirjallisuuskartoitukseen ja asiantuntijahaastatteluihin. Tehtyjen haastatteluiden tarkoituksena on saada asiantuntijoiden omaa näkemystä tutkittavaan kohteeseen. Asiantuntijat kertoivat heidän näkemyksiään rakennusalan haasteista ja keinoista.

Opinnäytetyön tutkimusmenetelmä on laadullinen, jonka aineisto hankittiin haastatteluin. Laadullisen tutkimuksen lähtökohtana on tosielämän tutkittavan lähtökohdan ymmärtäminen kokonaisvaltaisesti, joten tutkimusmenetelmistä laadullinen menetelmä soveltui parhaiten tähän opinnäytetyöhön. Lisäksi tutkimusmenetelmän kautta saatiin luotettavaa, kokemuksellista ja yksityiskohtaista tietoa.

Opinnäytetyön laadullinen tutkimus toteutettiin kahtena eri asiantuntijahaastatteluna. Tutkimuksen haastateltavat valittiin huolellisesti heidän asiaankuuluvien tietojensa kautta eri opinnäytetyön käsiteltäviltä osa-alueilta saaden näin kokonaisvaltainen tietopohja työlle. Haastateltavina olivat kestävän rakentamisen asiantuntija Jessica Karhu Green Building Council Finlandilta ja Joutsenmerkki-standardin asiantuntija Rauli Lautkankare Turun ammattikorkeakoululta.

Tiedonkeruumenetelmänä käytettiin avointa haastattelua, jossa keskustelu ei ole sidottu tiukkaan muotoon, mutta pysyy tutkittavan teeman ympärillä. Haastattelutilaisuudet olivat keskustelumuotoisia. Näin saatiin aikaan vuoropuhelua sekä vastaukset eivät jääneet epäselkeiksi tulokannanvaran puuttumisen johdosta, jota olisi voinut olla esimerkiksi sähköpostitse haastatteleamalla. Avoimen haastattelun kautta saatiin haastateltavan omaa näkökantaa ja roolia kyseiseen teemaan.

## 6.2 Mahdollisuudet kiertotalouden mukaisessa rakentamisessa

Uudisrakentamista kiertotalouden keinoin voidaan toteuttaa monin eri tavoin, materiaalein ja menetelmin. Ei ole olemassa yhtä oikeaa rakennusmuotoa tai -menetelmää, jolla saavutetaan kiertotalouden kannalta paras ratkaisu.

Lähes jokaisessa kartoitetussa kirjallisuudessa ja asiantuntijahaastattelussa viitattiin rakennuksen materiaalivalintojen tärkeyteen. Haastateltavien mielestä jo rakennuksen suunnittelusta lähtien pitäisi huomioida materiaalivalinnat ja niiden ympäristökuormat, eikä keskittyä vain rakennuksen ulkonäköseikkoihin ja yhteen käyttötarkoitukseen. On tärkeää huomioida, paljonko rakentamisessa voidaan käyttää kierrätysmateriaalia tai kierrätettyjä rakenneosia kohteen ehdoilla. Kierrätysmateriaalin käyttöasteen tulisi olla suuri, sillä sen hiilijalanjälki verrattuna neitseelliseen uusiomateriaaliin on huomattavasti pienempi. Hyvä kokonaisvaltainen suunnittelu ja elinkaariajattelu kaikkien osapuolten kesken on oltava lähtökohtana materiaalivalinnoissa.

Ei ole yleispätevää vastausta materiaalin valintaan. Erilaisilla materiaalivalinnoilla saadaan erilainen rakennus aikaan. Haastateltavien mielestä materiaalit tulisi valita niin, että rakennus joka halutaan rakentaa, on elinkaaren hiilijalanjäljeltään mahdollisimman pieni. Materiaalin hankinnassa pitäisi aina huomioida riippumaton ympäristöseloste sekä tuoda esille käytettävän materiaalin ympäristövaikutukset. Lisäksi Karhu mainitsee, että

suunnitteluvaiheessa tulisi laskea standardien mukaan käytettävien materiaalien elinkaaren hiilijalanjälki ja vertailla materiaaleja keskenään.

Jokaisen rakennusmateriaalivalinnan kohdalla tulisi pohtia: miten se on tehty, millä energialla se on valmistettu sekä mistä se on kuljetettu. Näin saavutetaan ympäristön, terveyden ja turvallisuuden kannalta parhain vaihtoehto.

### 6.2.1 Mihin tulisi kiinnittää huomiota kiertotalouden mukaisessa rakentamisessa

Kiertotalouden mukaisella rakentamisella edistetään kestävästä rakentamisesta, jonka pää tavoitteena on luonnon monimuotoisuuden säilyminen. Kestävän rakentamisen materiaalivalinnoissa suositetaan paikallisesti ja vähällä energialla tuotettuja luonnonmateriaaleja, jotka ovat pitkäikäisiä, helposti korjattavia ja kierrätettäviä. (Hänninen 2016.)

Kiertotaloustoimet rakentamisessa voidaan jakaa kolmeen ryhmään: materiaalitehokkuus, rakennusten käytön optimointi sekä rakennuksen elinkaaren pidentäminen. Materiaalitehokkuudessa korostetaan rakennusten suunnittelun vaikutusta materiaalivalinnoissa. (Antikainen ym. 2018, 20–21.)

Lisäksi huomiota tulisi kiinnittää rakennusten ja rakennusmateriaalien ympäristövaikutuksiin ja hiilijalanjälkeen sekä materiaalin valmistus energiantarpeeseen. Rakennusten ja rakennusmateriaalien ympäristövaikutuksilla on suuri rooli kiertotalouden mukaisessa rakentamisessa. Ympäristövaikutuksia ovat päästöt ilmakehään, vesistöön ja maaperään, sekä jäte- ja sivuvirrat. Rakennusmateriaalit ja -tuotteet vaikuttavat lisäksi terveyteen ja hyvinvointiin käyttö- ja asennusvaiheessa niistä johtuvien hiukkaspäästöjen takia. (Bionova 2017, 12.)

Rakennusmateriaalia mietittäessä on suositeltavaa käyttää riippumatonta ympäristöselostetta, josta näkyy luotettavasti materiaalin koko elinkaaren hiilijalanjälki. Tulisi huomioida millä energialla ja missä päin maailmaa materiaali on valmistettu.

Rakennusmateriaalien valmistus energiantarpeella on suuri merkitys materiaalin valinnassa, jotta materiaalin aiheuttamat ympäristövaikutukset ja hiilijalanjälki pysyvät kohtuullisina. Kiertotalouden mukaisessa rakentamisessa kierrätysmateriaalien käyttö vähentää neitseellisten raaka-aineiden tarvetta, samalla materiaalin valmistusenergian tarve ja päästöt ympäristöön vähenevät.

## 6.2.2 Keinot kiertotalouden mukaiseen rakentamiseen

Karhu määrittelee tärkeimmiksi tavoitteiksi kiertotalouden mukaisessa rakentamisessa olevan yhteiset päämäärät. Muita tavoitteita ovat, että lainsäädännön ja ohjeistuksen tulee tukea kiertotalouden mukaista rakentamista, elinkaariajattelu on otettava suunnittelun lähtökohdaksi ja kiertotalouskriteerit on otettava käyttöön jokaisessa rakentamis- ja suunnitteluvaiheessa. Sekä muita tavoitteita liittyen aluesuunnittelusta tilojen käyttöön asti. Tärkein tavoite on kuitenkin saada pysyvä muutos rakennusalalle.

Elinkaariajattelulla saadaan kokonaiskuva rakennuksen tai materiaalin vaikutuksista. Elinkaariajattelu kytkeytyy rakennusten, rakenteiden ja elementtien suunnitteluun pitkäikäisiksi, puretaviksi, siirrettäviksi ja uudelleenkäytettäviksi. (Kuittinen & le Roux 2017, 9, 30; Ethica 2018.) Materiaalit pyritään suunnittelemaan koko elinkaari huomioiden niin, että materiaaleihin ei lisätä aineita, jotka estävät sen kierrättämisen sekä niin, että tuotteen materiaalit ja raaka-aineet saadaan eroteltua (Suomen Ympäristökeskus 2017, 1).

Rakennuksen suunnittelun yhteydessä tulisi laatia elementtien ja rakennusosien purku- ja uudelleenkäyttösuunnitelma. Rakenteet tulisi suunnitella, niin että elementit ja arvokkaat materiaalit saataisiin helposti purettua. (Sitra 2014, 59; Ethica 2018.) Rakennusten suunnittelussa tulisi pyrkiä materiaalien, erityisesti puun ja metallien helppoon eroteltavuuteen korjaus- ja purkutilanteissa (Häkkinen ym. 2013, 34).

Kiertotalouden mukainen rakentaminen lähtee materiaalin kierrätettävyydestä ja täten materiaalivirtojen pienentämisestä. Rakennusosien tulee olla kierrätettäviä. Kierrätys voidaan jakaa kahteen kategoriaan: uudelleenkäyttöön ja uusiokäyttöön. Uudelleenkäyttö vähentää tarvittavia materiaaleja uusissa tuotteissa. (Alhola ym. 2016, 23; Punkki, 515.)

## 6.2.3 Kiertotalouden mukaiset rakennusmateriaalit

Seuraavaksi esitetään yleisimpien käytettyjen rakennusmateriaalien hyötyjä ja mahdollisuuksia. Puu on monipuolinen tuote, jolla olisi kierrätyspotentiaalia enemmän mitä sitä nyt hyödynnetään. Lisäksi puu toimii itsessään jo hiilinieluna, joka varastoi hiilen itseensä sen käyttöiän ajaksi. Betoni on pitkäikäinen ja huoltovapaa materiaali, jota voidaan hyötykäyttää uuden materiaalin valmistuksessa. Lisäksi itse betonin valmistuksessa voidaan

hyödyntää muun teollisuuden sivuvirtoja. Teräs voidaan uudelleenkäyttää lähes rajattomasti ja sen kierrätysaste on lähes sata prosenttia. Lisäksi teräs ei eritä ympäristöön epäpuhtauksia. Tiilen valmistukseen käytetään luonnollisia raaka-aineita, mutta sen valmistuksessa voidaan hyödyntää muun teollisuuden sivuvirtoja. Tiilet eivät sisällä vaarallisia aineita, jotka vaikuttaisivat ympäristöönsä. Lisäksi tiilellä on lukuisia kierrätys- ja uusiokäyttömahdollisuuksia. Muovi taas on kestävä, edullista ja kevyttä, jolloin kuljetuspäästöt pysyvät kohtuullisina. Osaa muovilaatuja voidaan uusiokäyttää uuden tuotteen ja materiaalin valmistuksessa. Lasia voidaan sulattaa ja uudelleenkäyttää lähes rajattomasti. Alla eriteltynä materiaalien ominaispiirteet ja mahdollisuudet tarkemmin.

## **Puu**

Puurakentamisen erityispiirre on puurakenteiden toimiminen hiilinieluinä. Puun kasvaessa puu sitoo ilmakehästä hiilidioksidia ja varastoi hiilen runkoonsa. (Hänninen 2016.) Puutuote varastoi hiilidioksidin itseensä koko sen elinkaaren ajan. Vasta elinkaaren lopussa puuhun varastoitunut hiili vapautuu, kun se käytetään energiahyödyksi tai lahoaa luonnonmukaisesti. Pitkäikäiset puutuotteet voivat varastoida hiilen itseensä jopa vuosisadoiksi. (Rakennusmateriaalien hiilijalanjälki 2018, 5.)

Rakentamisesta ja purkamisesta syntyy 44 000 puutonna jätettä, josta yli puolet voisi uusiokäyttää. 6 700 tonnia voisi hyödyntää sahatavarana ja 16 000 tonnia kierrätysmateriaalina puulevyjen valmistuksessa. Lisäksi puun jalostuksen sivuvirtoja, sahanpurua, lastuja ja hakkuutähteitä voidaan uusiokäyttää lastulevyn ja muiden levytuotteiden valmistamiseen. (Toimi ilmaston puolesta: Käytä puuta 2010, 36, 50.)

## **Betoni**

Betonirakennuksen pitkä käyttöikä lisää sen ekotehokkuutta (Betoni 2018a). Rakennusvaiheessa betonirakentaminen aiheuttaa enemmän hiilidioksidipäästöjä kuin esimerkiksi puurakentaminen, mutta käyttöaikana ero kaventuu. Hiilijalanjälkeä pienentävät betonirakennuksen hyvä energiatalous, pitkä käyttöikä ja vähäinen huollon tarve sekä hyvä kierrätettävyyden ja hiilidioksidin sitoutuminen karbonatisoitumalla takaisin betoniin. (Betoni 2018b.) Karbonisoituminen tarkoittaa, että betoni reagoi ilman hiilidioksidin kanssa, jolloin hiilidioksidia sitoutuu betonirakenteeseen käytön ja kierrätysvaiheen aikana (Betoni 2018a).



Betonin valmistuksessa voidaan käyttää muun teollisuuden sivuvirtoja, esimerkiksi lentotuhkaa ja masuunikuonaa. Sivuvirtojen osuus betonista on kymmeniä prosentteja. Elinkaarensa lopussa betoni kierrätetään yli 80 %. (Pulkkinen 2013, 12; Betoni 2018b.) Murskaaminen on lähes ainoa tapa paikallavaletun betonin kierrätykseen. Murskattua purkubetonia, josta teräkset on poistettu sulatettavaksi, voidaan hyödyntää uusiokäyttämällä sitä maanrakennuksessa ja betonin runkoaineena. Myös pieniä määriä maa-ainesta voidaan korvata betonimurskeella. (Ramate-työryhmä 2014, 12.)

## **Teräs**

Teräs on pitkäikäinen materiaali. Valmis teräsrakenne ei kuormita luontoa; se ei eritä eikä ime epäpuhtauksia tai kosteutta. Teräksen helpot liitoskohdat takaavat sen hyvän kierrätettävyyden. Suomen kierrätysjärjestelmän avulla teräksen kierrätysaste on lähes sata. Kierrätysmetallien ympäristökuorma verrattuna neitseelliseen metalliin on huomattavan pieni. Teräksen erottaminen tapahtuu magneettisesti ja se voidaan sulattaa ja käyttää uudelleen äärettömästi. (Teräs 2007, 33; Hänninen 2016.)

## **Tiili**

Savesta valmistettuja tiiliä ja keraamisia laattoja pidetään kestävinä ja ekologisina materiaaleina. Tiilen valmistuksen pääraaka-aineet ovat savi, hiekka ja vesi, mutta raaka-aineena voidaan käyttää teollisuuden sivuvirtoja, esimerkiksi masuunikuonaa ja keramiikkateollisuuden jäännöstuotteita. Samalla vähennetään neitseellisen raaka-aineen tarvetta. Tiilet eivät sisällä mitään haitallisia, haihtuvia tai liukenevia aineita. (Tiili-info 2018.)

Poltetulla tiilellä on hyvät kierrätysmahdollisuudet ja lukuisia uusiokäyttömahdollisuuksia, esimerkiksi vanhoja tiiliä voidaan puhdistaa ja käyttää uusiokohteissa, murskattuna sitä voidaan käyttää uusien tiilien raaka-aineena ja maantäyttöaineena. (RT 35-11136 2013, 4.)

## Muovi

Muovia suositaan, koska se on ominaisuuksiltaan kestävä, joustava, edullinen, lahon- ja tuholaisten kestävä. Muovit ovat vedenkestäviä, jolloin niitä suositaan maakontakti kohdissa lisäksi muovit ovat helppohoitoisia ja ne voidaan läpivärjätä. (Hyttinen 2012, 39.)

Rakentamisessa kierrätysmuovista voidaan valmistaa erilaisia rakennusosia, kuten profiileita ja putkia, rakennuseristettä sekä komposiittimateriaaleja (Veijola 2011, 49).

## Lasi

Lasia voidaan käyttää uuden tuotteen valmistukseen lähes rajattomasti. Lasijätettä kierrättämällä voidaan vähentää neitseellisten raaka-aineiden käyttöä ja valmistukseen tarvittavaa energiamäärää. Lasin valmistuksessa jokainen tonni kierrätyslasiä vähentää luonnon raaka-aineiden kulutusta yli 1,2 tonnia. (Veijola 2011, 141.)

### 6.3 Haasteet

Nykyinen rakennustapa on vanhentunut. Parannettavaa löytyy joka osa-alueelta. Karhu mainitsee, että osa kiertotalouden mukaisen rakentamisen haasteista liittyy lainsäädäntöön tai markkinoiden puuttumiseen ja osa ihmisten asenteisiin. Rakentamisen nykymuodon lait ja ohjaukset tarjoavat nyky muodossaan jo hyvät valmiudet kiertotalouden mukaiselle rakentamiselle, mutta niitä ei osata hyödyntää kokonaisvaltaisesti. Meillä on paljon tietoa ja mahdollisuuksia, mutta ei taloudellisia edellytyksiä tai esteenä on markkinoiden puuttuminen.

Lainsäädäntö muodostaa joissain kohtaa jonkinlaisen esteen tai hidasteen. Esimerkiksi maankäyttö- ja rakennuslakiin on kirjattu useita muutoksia, joilla pyritään päivittämään ja vastaamaan se 2000 perustuslain nykytulkintaa ja EU:n rakentamista koskevan sääntelyn vaatimuksia. Vaikka lakiin on tehty useita muutoksia ja päivityksiä, se ei vastaa kaikilta osin nyky-yhteiskunnan muuttuviin tarpeisiin. (Ekroos ym. 2018, 11.)

Esteenä kustannustehokkaalle kiertotalouden optimoinnille ovat esimerkiksi Alholan ym. (2016, 16) tunnistamat tekijät:

- neitseellisen luonnonvaran käyttö on edullisempaa kuin kierrätetyn luonnonvaran käyttö sekä jättemateriaalin laadun vaihtelevuus.
- työtä verotetaan suhteessa enemmän kuin luonnonvarojen käyttöä
- jätteen polttokapasiteettia on alueellisesti liikaa ja poltto on jätteen hyötykäyttöä kustannustehokkaampaa
- kierrätetyille materiaaleille ei ole markkinoita
- lajittelupisteiden ja kierrätyksen järjestämiselle ei ole taloudellisia edellytyksiä eteenkään harvaan asutuilla seuduilla ja
- uusien kiertotaloutta koskevien yritystoimintojen lupaviidakko vaikeuttaa yritysten liikkeellelähtöä.

Haastateltavien mielestä asenteet, tietämys ja vanhat käytännöt muodostavat isoimmat esteet kiertotalouden mukaiselle rakentamiselle ja rakennusmateriaalien valinnoille. Muutokset tapahtuvat hitaasti Suomessa. Suomessa rakennetaan vanhoilla käytännöillä, koska ne on todettu jo kertaalleen lainmukaiseksi tai käytäntöjä muutetaan vasta sitten, kun lainsäädäntö vaatii.

Lisäksi haastateltavat mainitsevat kiertotalouden mukaisten materiaalien ja kierrätysmateriaalien markkinoiden puuttumisen. Ihmiset eivät ole valmiita maksamaan kierrätysmateriaalista, jos neitseellinen uusiomateriaali on halvempaa. Avainasemassa on tiedon lisääminen, jolloin materiaali halpenee, kun sen käyttöaste nousee. Karhu muistuttaa, että kaikesta kierrätysmateriaalista emme kuitenkaan aina tiedä, ovatko ne terveellisiä ja turvallisia.

Työn teoriaosassa aiemmin käsiteltyä rakennusmateriaalien ympäristövaikutusten ympäristöselostetta voidaan hyödyntää tuotteen ympäristöprofiilin ja rakennuksen elinkaarivaiheen laskemisessa. Ympäristöselosteiden käyttöön liittyy kuitenkin ongelmia: ne eivät ota kantaa tuotteen käyttöikänsä, ympäristövaikutusten kokoluokkaan tai aseta tuotteita paremmuusjärjestykseen eivätkä ympäristöselosteet ole usein päivitetty reaaliaikaiseen tietoon. (Veijola 2011, 32.) Lisäksi ympäristöselostetiedot eivät ole aina puolueettomia.

### 6.3.1 Rakennusmateriaalien haasteet

Jokaisella rakennusmateriaalilla on lisäksi omat haasteensa, jotka ovat tarpeen huomioida materiaalia valittaessa. Alla eriteltynä materiaalit.

Vaikka puun käyttöä pidetään luontevana vaihtoehtona, liittyy sen käyttöön myös haasteita. Karhu muistuttaa, että puun käytön ympäristövaikutukset eivät ole aina yksiselitteisiä. Esimerkiksi, onko kaadetun puun tilalle istutettu uusi puu, jos on, silloin kaadetun puun tuottamat ympäristövaikutukset kompensoituvat. Puun lisäjalostuksessa käytetään eri lisäaineita, joilla on vaikutuksia ympäristöön ja terveyteen. Toisaalta jos puuhun ei käytetä lisäaineita, puu voi kärsiä kosteus- tai homevaurioista, jotka voivat altistaa turvallisuus- ja terveysriskeille. Nykybetonin valmistukseen käytetään runsaasti lisäaineita, jotta saadaan vaaditut ominaisuudet. Betoniin käytetyt lisäaineet kuitenkin alkavat liueta ympäristöön käytön aikana. Teräksen suurimmat haasteet liittyvät neitseellisen teräksen louhintaan. Louhinnasta syntyy paljon ympäristövaikutuksia ja neitseellisen teräksen varannot ovat rajalliset. Tiilen raaka-aineiden louhimisesta syntyy maisemallisia haittoja. Muovin käytössä on useita haasteita. Se valmistetaan öljystä, jonka varannot ovat rajalliset. Lisäksi kaikkia muovilaatuja ei pystytä kierrättämään, jolla saataisiin vähennettyä neitseellisen materiaalin käyttöä. Muovissa käytetyt lisäaineet liukenevat ympäristöön ja sen hävittäminen aiheuttaa myrkyllisiä päästöjä ilmaan. Lasin käytön haasteet liittyvät sen sisältämiin sekoitemateriaaleihin, jolloin sen kierrättäminen hankaloituu.

## **Puu**

Suurimmat ympäristökuormat puupohjaisten levyjen tuotannosta tulevat käytettävistä liimoista sekä runsaasta veden kulutuksesta (Hänninen 2016).

Puu on kosteusherkkä, siksi puu painekyllästetään samalla tehden siitä ongelmajätettä. Paineekyllästyksessä käytettävät kemikaalit voivat aiheuttaa terveys- ja ympäristöhaittoja niin valmistuksessa, työstössä kuin käytössäkin. (Hänninen 2016.)

Puujätteen kierrätyksen haittoina voivat olla sen sisältämät kosteus- tai homevauriot tai muut epäpuhtaudet. Ihmisten turvallisuutta tai terveyttä ei tulisi vaarantaa huonolaatuisella puujätteen käytöllä. Ongelmaksi hyvälaatuisen puujätteen materiaali kierrätykselle on sen vähäinen saatavuus sekä energianhyödyntäminen materiaali hyödyntämisen sijaan. (Ramate-työryhmä 2014, 12.)

## **Betoni**

Betonin valmistukseen käytettävää kiviainessora kaivetaan harjuista ja merenpohjista, jolloin syntyy ympäristöhaittoja ja pysyviä jälkiä maisemaan. Lisäksi haittana on että, kuluttajan on vaikea jäljittää betonin materiaalien alkuperää. (Hänninen 2016.)

Nykybetoni eroaa alkuperäisestä betonista huomattavasti ominaisuuksiltaan, kuten työstettävyydeltään, sillä siihen on käytetty paljon lisäaineita. 1960-luvulta lähtien betoniin on alettu käyttää lisäaineita ja nyt poikkeuksetta kaikki betoni sisältää lisäaineita, sillä niiden käyttöä ei ole rajoitettu mitenkään. Betonin elinkaaren lopussa käytetyt lisäaineet alkavat liueta ympäristöön. (Pulkinen 2013, 12, 14.)

## **Teräs**

Teräksen suurimmat ympäristökuormat syntyvät sen elinkaaren alussa. Metallien louhminen ja jalostaminen kuluttavat paljon energiaa, saastuttavat ympäristöä ja aiheuttavat maisemavaurioita. Neitseellisen metallin käyttöä tulisi välttää, sillä uusiutumattomana luonnonvarana sen varannot ovat rajalliset. (Teräs 2007, 33; Hänninen 2016.)

## **Tiili**

Tiilen valmistukseen käytettyjä savea, hiekkaa ja kalkkia on runsaasti saatavilla, mutta niiden kaivuulla on vaikutuksia maisemaan. Tiilen kuivaus ja poltto aiheuttavat rikkidioksidia sekä hiilidioksidi- ja oksidanttipäästöjä. (Tiili-info 2018.)

## **Muovi**

Muovit eivät siedä auringon UV-säteilyä tai suuria lämpötilan vaihteluita (Hyttinen 2012, 39). Muovien kierrättämistä vaikeuttaa muovien huono erotettavuus toisistaan. Toisten muovien hävittäminen on ongelmallista ja niiden valmistukseen, käyttöön tai hävittämiseen voi liittyä myrkyllisiä päästöjä. Muovin hajotessa siitä liukenee muovin lisäaineita muun muassa kadmiumia ympäristöön. Jätemuovin poltto aiheuttaa myrkyllisiä päästöjä ilmaan. (Hyttinen 2012, 42; Hänninen 2016.)

## Lasi

Lasin hävittämiseen kierrätykseen liittyy haasteita, sillä lasi ei maadu ja usein lasi sisältää sekoitemateriaaleja, kuten puu ikkunanpuitteissa ja selektiivislasien metalli (Hyttinen 2012, 50).

### 6.3.2 Joutsenmerkki rakentamisen haasteet

Lautkankareen mielestä Suomessa Joutsenmerkki rakentamista on hidastanut rakennusalan vanhat toimintamallit ja alan hidas muuttuminen sekä tiedon puute. Lisäksi Suomessa rakennusala menee turvallisuus edellä, vaikka terveellisyyskin on turvallisuutta. Nyt rakennusala alkaa ymmärtää materiaalivalintojen ympäristövaikutukset ja on alkanut kiinnittää huomiota materiaalien sisäilma- ja terveysvaikutuksiin.

Lautkankare mainitsee maksullisen Joutsenmerkin saamisessa olevan paljon työtä. Rakennuksen on täytettävä pakolliset vaatimukset sekä jokaisen käytettävän materiaalin tulee täyttää vaadittavat kriteerit tai raja-arvot. Nykyään Joutsenmerkiltä löytyy avoin tietokanta, jossa kriteerit täyttävät materiaalit ovat listattuna. Osa rakennuksessa käytettävistä materiaaleista on silti hankala selvittää, kelpaako materiaali kriteeristöön. Tällöin pitää kääntyä materiaalin valmistajan puoleen saadakseen materiaalin tuotetiedot. Lisäksi Lautkankare huomauttaa, että Joutsenmerkitystä rakennuksesta ei huomaa mitenkään päälle päin, että se on ympäristösertifioitu.

Karhu mainitsee, että kierrätysmateriaalien käyttö Joutsenmerkki rakentamisessa tulisi neuvotella Joutsenmerkin kanssa erikseen. Kierrätysmateriaalien ottaminen mukaan rakentamisprosessiin ei välttämättä ole helppoa, koska tuotteet eivät ole valmiiksi Joutsenmerkittyjä.

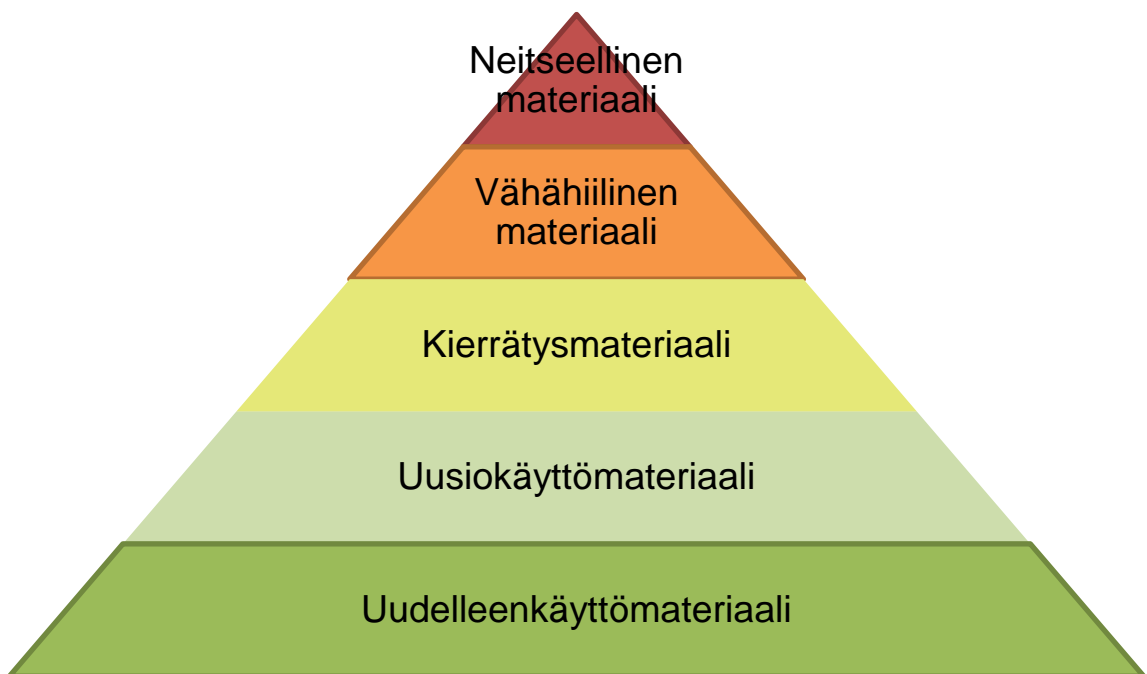
### 6.4 Ehdotus

Topinpuiston vierailukeskuksen kiertotalouden mukaisen materiaalien valintaan esittää seuraavia ehdotuksia.

#### 6.4.1 Materiaalivalintojen etusijajärjestys

Luotu materiaalivalintojen etusijajärjestys pohjautuu Karhun kanssa käytyyn keskusteluun haastattelun yhteydessä.

Tutkimustuloksena työlle syntyi materiaalivalintojen etusijajärjestys (taulukko 2), jota suositellaan Topinpuiston materiaalivalintojen pohjaksi. Materiaalien hankinnoissa ja valinnoissa pitäisi noudattaa materiaalivalintojen etusijajärjestystä, jolla saadaan toteutettua kiertotaloutta ja pidennettyä materiaalien arvoketjua samalla vähentäen neitseellisten materiaalien tarvetta. Tämä toimintamalli ohjaa vähähiiliseen rakentamiseen.



Taulukko 2. Materiaalivalintojen etusijajärjestys.

Materiaalivalintojen etusijajärjestys toimii lähes samoin kuin jätteiden etusijajärjestys. Materiaalivalintojen etusijajärjestys ohjaa kiertotalouden kannalta suotuisaan rakennusmateriaalivalintaan ja -menetelmään. Ensisijaisesti suositetaan uudelleenkäyttöä ja uusiokäyttöä. Ellei uudelleenkäyttö tai uusiokäyttö ole mahdollista suositetaan kierrätysmateriaalin käyttöä. Seuraavana vähähiilinen materiaali ja viimeisimpänä pyritään välttämään neitseellisen materiaalin käyttöä.

Ylimpänä vältettävä neitseellinen materiaali, jossa ympäristökuormia tai materiaalitehokkuutta ei ole huomioitu. Vähähiilisen materiaalin valmistus ei kuormita ympäristöä liiaksi, koska sen valmistus energiantarve on vähäisempi kuin neitseellisen materiaalin. Vähähiiliseen materiaaliin kuuluu lisäksi myös nopealla syklillä uusiutuvat materiaalit, muun muassa puu. Kierrätysmateriaalin valmistuksessa on käytetty neitseellisen materiaalin lisäksi kierrätysmateriaalia tai teollisuuden sivuvirtoja raaka-aineena. Uusiokäyttömateriaalilla tarkoitetaan rakennusosan tai -komponentin käyttöä muuhun tarkoitukseen, kuin mihin se on alun perin valmistettu. Uudelleenkäyttömateriaalilla tarkoitetaan rakennusosan tai -komponentin uudelleenkäyttämistä alkuperäiseen tarkoitukseen.

Rakentamisessa pitäisi suosia materiaalien uudelleen- ja uusiokäyttöä. Rakennusmateriaalien ja -osien uudelleen- ja uusiokäyttö vähentää jätteen määrää ja pidentää tuotteen arvoa luoden kiertotaloutta. Toki tämä asettaa haasteita, jotka pitää huomioida jo rakennuksen suunnitteluvaiheessa; mitoittaminen, turvallisuus, kestävyys, vaihdettavuus sekä lainsäädäntö on otettava huomioon. Kierrätysmateriaalin valmistuksessa käytetään sekä neitseellistä- että kierrätysmateriaalia tai teollisuuden sivuvirtoja. Esimerkiksi lasi- tai betonimurskaa käytetään uusien materiaalien raaka-aineena. Puu on esimerkiksi vähähiilinen materiaali, koska se toimii itsessään jo hiilinieluna. Toki on aina syytä tarkastella koko tuotteen elinkaarta ja EPD-standardia. Nykyisessä rakentamismallissa käytetään paljon neitseellistä materiaalia, joka kuluttaa luonnonvaroja ja sen käytön vaikutukset heijastuvat kauas tulevaisuuteen.

#### 6.4.2 Joutsenmerkki-rakentaminen

Toiseksi keinoksi Joutsenmerkki sopii Topinpuiston vierailukeskuksen rakennusmateriaalien valintojen pohjaksi, koska standardin pääpainopiste on materiaaleissa. Vaikka Joutsenmerkki rakentamiseen liittyy paljon työtä, on sen valintaan useita puoltavia tekijöitä.

Joutsenmerkki pohjautuu ympäristöystävälliseen rakennustapaan, jossa huomioidaan rakennettu ympäristö, terveellisyys ja turvallisuus kokonaisvaltaisesti. Lautkankare korostaa, että Joutsenmerkin materiaaleissa ei ole käytetty haitallisia kemikaaleja vaan ne ovat turvallisempia ja terveellisimpiä verrattuna niin sanotusti normaaleihin rakennusmateriaaleihin verrattuna, eivätkä Joutsenmerkityt materiaalit altista eri emissioille. Haasteltavien mielestä kuluttaja saa Joutsenmerkin kautta kokemuksen, että rakennus on rakennettu ympäristö huomioiden ja se on turvallinen.



Joutsenmerkki on teettänyt tutkimuksen, josta selviää, että suomalaisista kuluttajista jopa 88 % tuntee Joutsenmerkin (Joutsenmerkki 2017, 4). Joutsenmerkki luo tunnetavuuden kautta pohjan arvostettavuudelle ja vastuullisuudelle. Karhun mukaan Joutsenmerkki luo brändiarvoa sekä kuluttajaimagoa vierailukeskukselle. Joutsenmerkki rakentaminen kehittää yritystä, luo markkinaetua sekä uusia asiakkaita. Samalla kehitetään koko rakennusalaan kiertotalouden mukaiseen suuntaan näyttämällä esimerkkiä.

Haastateltavat mainitsevat, että Joutsenmerkin kriteeristöä kehitetään koko ajan ja heille voi antaa palautetta kriteerien muutosehdotuksista. Joutsenmerkin kriteeristössä on mahdollista saada lisäpisteitä innovatiivisuudesta. Karhu mainitsee, että Topinpuiston vierailukeskuksen rakennus tulee olemaan julkinen hankinta, joten hankintaprosessiin on mahdollista asettaa ehtoja, joilla saavutetaan Joutsenmerkin kriteeristössä lisäpisteitä.

## 7 LOPUKSI

Ympäristönäkökohtien huomioonottaminen rakentamisessa on erityisen tärkeää, kun neitseelliset raaka-aineet ja luonnon monimuotoisuus ehtyvät yhdessä ilmastonmuutoksen ja kasvavan globalisaation myötä. Elinkaariajattelu on otettava rakentamisen suunnittelun lähtökohdaksi, jotta rakennus kuormittaisi ympäristöä mahdollisimman vähän rakentamisvaiheesta, käyttöönottoon ja purkamiseen asti.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa keinoja, miten uudisrakennuksen materiaalivalinnoissa voidaan huomioida kiertotalouden periaatteet sekä mihin seikkoihin tulisi kiinnittää huomiota materiaalia valittaessa. Työssä selvitettiin, millaisia mahdollisuuksia ja haasteita rakennusmateriaaleihin liittyy. Lisäksi luotiin katsaus siihen, miten lainsäädäntö tukee kiertotalouden mukaista rakentamista. Kartoitusten pohjalta annettiin ehdotuksia Topinpuiston vierailukeskuksen materiaalien valintaan.

Rakennusmateriaalien ja -komponenttien valintaan ei ole olemassa suoraa vastausta, vaan jokaisen materiaalin elinkaarta ja luotettavaa ympäristöstandardia on syytä tarkastella materiaalia valittaessa. Luotu materiaalien etusijajärjestys ohjaa kiertotalouden mukaiseen rakentamistapaan. Joutsenmerkki rakentaminen taas luo valmiin elinkaariajatteluun pohjautuvan kriteeristö pohjan.

Vierailukeskuksen uudisrakennuksen rakennusmateriaalivalintojen analysointi kiertotalouden mukaisesti ja sen tulosten pohjalta luodut ehdotukset luovat soveltamis pohjan muidenkin kiertotalouden mukaisten uudisrakennusten toteutukseen. Opinnäytetyön tuloksia hyödynnetään osana 6Aika: Tulevaisuuden kiertotalouskeskukset (CircHubs) -hanketta.

Jotta kiertotalouden mukaiset rakentamistavoitteet saavutetaan, tarvitaan yhteisiä muutostoimia. Lisäksi tarvitaan konkreettisia ja käytännöllisiä työkaluja ja pilotointiprojekteja, joilla ohjataan rakennus alaa kiertotalousmuutokseen. Myös TKI-toiminnalla ja koulutusasteilla on suuri vaikutus rakennusalan kiertotalouden mukaiseen muutokseen.

## LÄHTEET

Alhola, K.; Antikainen, R.; Honkatukia, J.; Kauppila, J.; Kautto, P.; Myllymaa, T.; Mäenpää, I.; Sahimaa, O.; Salmenperä, H.; Salminen, J.; Seppälä, J. & Valve, H. 2016. Kiertotalous Suomessa – toimintaympäristö, ohjauskeinot ja mallinnetut vaikutukset vuoteen 2030. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminta. [Verkkajulkaisu.] Viitattu 12.7.2018. Saatavilla: [https://tietokayttoon.fi/documents/10616/2009122/25\\_Kiertotalous+Suomessa.pdf/5a942ae7-9ec8-4b54-a079-f99c8ba2f8f1?version=1.0](https://tietokayttoon.fi/documents/10616/2009122/25_Kiertotalous+Suomessa.pdf/5a942ae7-9ec8-4b54-a079-f99c8ba2f8f1?version=1.0)

Antikainen, R.; Hippinen, I.; Honkatukia, J.; Kautto, P.; Lehtomaa, J.; Merenheimo, T.; Mikkola, M.; Salmenperä, H.; Simons, M. & Tikkanen, S. 2018. Taloudelliset ohjauskeinot kiertotalouden arvoketjuissa. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminta. [Verkkajulkaisu.] Viitattu 19.9.2018. Saatavilla: <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160994/54-2018-Taloudelliset%20ohjauskeinot%20kiertotalouden%20arvoketjuissa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Auresmaa, T. 2016. Rakennuksen ympäristövaikutusten arviointi. AMK-opinnäytetyö. Savonia-ammattikorkeakoulu. [Verkkajulkaisu.] Viitattu 6.10.2018. Saatavilla: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/110828/Auresmaa\\_Tanja.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/110828/Auresmaa_Tanja.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Betoni 2018a. Betonirakenteen ekotehokkuus. Viitattu 19.9.2018. Saatavilla: <https://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/ekologisuus/betonirakenteen-ekotehokkuus/>

Betoni 2018b. Perustietopaketti. Viitattu 19.9.2018. Saatavilla: <https://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/>

Bionova 2017. Tiekartta rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen huomioimiseksi rakentamisen ohjauksessa [Verkkajulkaisu.] Viitattu 6.10.2018. Saatavilla: <http://www.ym.fi/download/none/%7B4B3172BC-4F20-43AB-AA62-A09DA890AE6D%7D/129197>

Ekroos, A.; Katajamäki, H.; Kinnunen, H.; Lehtovuori, P. & Staffans, A. 2018. Maankäytön ja rakentamisen ohjauksen uudistaminen. Ympäristöministeriön raportteja. [Verkkajulkaisu.] Viitattu 19.9.2018. Saatavilla: [http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160553/YMra\\_7\\_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160553/YMra_7_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2016. Jätekuljetusten valvonnan kehittämishanke. Viitattu 19.9.2018. Saatavilla: [https://www.ely-keskus.fi/web/ely/varsinais-suomi-jatekuljetusten-valvonnan-kehittamishanke?p\\_p\\_id=122\\_INSTANCE\\_aluevalinta&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_r\\_p\\_564233524\\_reset-Cur=true&p\\_r\\_p\\_564233524\\_categoryId=14406](https://www.ely-keskus.fi/web/ely/varsinais-suomi-jatekuljetusten-valvonnan-kehittamishanke?p_p_id=122_INSTANCE_aluevalinta&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_r_p_564233524_reset-Cur=true&p_r_p_564233524_categoryId=14406)

Elinkeinoelämän keskusliitto 2018. Mikä ihmeen kiertotalous? Viitattu 11.7.2018. Saatavilla: <https://ek.fi/syty-kiertotaloudesta/mika-ihmeen-kiertotalous/>

Ellen MacArthur Foundation 2013. Towards the circular economy. Economic and business rationale for an accelerated transition. [Verkkajulkaisu.] Viitattu 10.9.2018. Saatavilla: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf>

Ellen MacArthur Foundation 2015. Towards a circular economy: business rationale for an accelerated transition. [Verkkajulkaisu.] Viitattu 19.9.2018. Saatavilla: [https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/TCE\\_Ellen-MacArthur-Foundation\\_9-Dec-2015.pdf](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/TCE_Ellen-MacArthur-Foundation_9-Dec-2015.pdf)

Ethica 2018. Kiertotaloutta edistävät rakentamisen periaatteet Hiedanrannassa. Viitattu 21.11.2018.

Green Building Council Finland 2018a. Näin rakennamme kiertotaloutta. 7 tavoitetta kiertotalouden toteutumiseksi KIRA-alalla. [Verkkajulkaisu.] Viitattu 7.9.2018. Saatavilla: [http://figbc.fi/wp-content/uploads/2018/05/GBC\\_Kiertotalous-KIRA-alalla-7tavoitetta-210518.pdf](http://figbc.fi/wp-content/uploads/2018/05/GBC_Kiertotalous-KIRA-alalla-7tavoitetta-210518.pdf)

Green Building Council Finland 2018b. Rakennusten ympäristöluokitukset. Viitattu 2.10.2018. Saatavilla: <http://figbc.fi/tietopankki/ymparistoluokitukset/>

Hyttinen, A. 2012. Viherrakentamisen ekologiset materiaalit. AMK-opinnäytetyö. Oulun seudun ammattikorkeakoulu. Viitattu 9.10.2018. Saatavilla: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/46135/Hyttinen\\_Annika.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/46135/Hyttinen_Annika.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Hyvärinen, T. 2016. Teollisuuskiinteistön kehittäminen kiertotalouden näkökulmasta. AMK-opinnäytetyö. Metropolia ammattikorkeakoulu. [Verkkajulkaisu.] Viitattu 12.7.2018. Saatavilla: <http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/108947/Teollisuuskiinteiston%20kehittaminen%20kiertotalouden%20nakokulmasta%20-%20Tatu%20Hyvarinen.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Hyypä, H. (toim.) 2012. Rakennus- ja kiinteistöalan tulevaisuuden näkymiä. Metropolia Ammattikorkeakoulu, rakennus- ja kiinteistöala. [Verkkajulkaisu.] Viitattu 10.9.2018. Saatavilla: [https://www.metropolia.fi/fileadmin/user\\_upload/Tekniikka\\_ ja\\_liikenne/Raksa/met\\_rakennusalan\\_tulevaisuudennakymia\\_web-1.pdf](https://www.metropolia.fi/fileadmin/user_upload/Tekniikka_ ja_liikenne/Raksa/met_rakennusalan_tulevaisuudennakymia_web-1.pdf)

Häkkinen, T.; Korhonen, M-R.; Koskela, S.; Seppälä, J & Vares S. 2011. Materiaalinäkökulma rakennusten ympäristöarvioinnissa. Suomen Ympäristökeskuksen raportteja. [Verkkajulkaisu.] Viitattu 21.11.2018. Saatavilla: [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/39687/SY-KEra\\_16\\_2011\\_alkuperainen.pdf?sequence=1](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/39687/SY-KEra_16_2011_alkuperainen.pdf?sequence=1)

Häkkinen, T.; Korhonen, M-R.; Myllymaa, T.; Ruuska, A. & Vares, S. 2013. Rakennusmateriaalien ympäristövaikutukset. Selvitys rakennusmateriaalien vaikutuksesta rakentamisen kasvihuonekaasupäästöihin, tiivistelmäraportti. Ympäristöministeriö. Helsinki. [Verkkajulkaisu.] Viitattu 9.9.2018. Saatavilla: [http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Julkaisut/YMra\\_82013\\_Rakennusmateriaalien\\_ymparist\(9056\)](http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Julkaisut/YMra_82013_Rakennusmateriaalien_ymparist(9056))

Hänninen, P. 30.10.2016. Rakentajan ekolaskuri. Rakennustarkastusyhdistys RTY ry. Viitattu 11.9.2018. Saatavilla: <http://www.rakentajanekolaskuri.fi/taustatietoa.php#Kestavakehitys>

Joutsenmerkki 2017. Opas ympäristömerkin käyttämiseen julkisissa hankinnoissa. [Verkkajulkaisu.] Viitattu 2.10.2018. Saatavilla: [https://joutsenmerkki.fi/wp-content/uploads/2017/02/Julkiset\\_hankinnat\\_opas\\_huhtikuu\\_2017.pdf](https://joutsenmerkki.fi/wp-content/uploads/2017/02/Julkiset_hankinnat_opas_huhtikuu_2017.pdf)

Joutsenmerkki 2018a. Kuluttajille. Viitattu 18.10.2018. Saatavilla: <https://joutsenmerkki.fi/kuluttajille/>

Joutsenmerkki 2018b. Opas ympäristömerkin käyttämiseen julkisissa hankinnoissa. Viitattu 18.10.2018. Saatavilla: [https://joutsenmerkki.fi/wp-content/uploads/2017/02/Julkiset\\_hankinnat\\_opas\\_huhtikuu\\_2017.pdf](https://joutsenmerkki.fi/wp-content/uploads/2017/02/Julkiset_hankinnat_opas_huhtikuu_2017.pdf)

Joutsenmerkki 2018c. Pohjoismainen organisaatio. Viitattu 18.10.2018. Saatavilla: <https://joutsenmerkki.fi/tietoa-meista/pohjoismainen-organisaatio/>

Joutsenmerkki 2018d. Talot-pientalot, kerrostalot, koulu- ja päiväkotirakennukset. Viitattu 18.10.2018. Saatavilla: <https://joutsenmerkki.fi/kriteerit/089-talot-pientalot-kerrostalot-koulu-ja-paivakotirakennukset-3/>

Joutsenmerkki 2018e. Työn perusta. Viitattu 18.10.2018. Saatavilla: <https://joutsenmerkki.fi/kuluttajille/tyon-perusta/>

Jätelaki. 2011. 646/2011. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/>

Karhu, J. 2018. Green Building Council Finland, Senior Sustainability Specialist. Haastattelu 27.9.2018.

Kojo, R & Lilja, R. 2011. Talonrakentamisen materiaalitehokkuuden edistäminen. Ympäristöministeriön raportteja. [Verkkajulkaisu.] Viitattu 6.10.2018. Saatavilla: [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahU-KEwiH9u7q5NbdAhWDiiwKHSgZBH4QFjAAegQIABAC&url=http%3A%2F%2Fwww.ym.fi%2Fdownload%2Fnoname%2F%257BF23DDA2A-1E58-4771-ACA8-90D06AB4FBE6%257D%2F32103&usq=AOvVaw0TuLPotul\\_uoS94\\_jTvW5](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahU-KEwiH9u7q5NbdAhWDiiwKHSgZBH4QFjAAegQIABAC&url=http%3A%2F%2Fwww.ym.fi%2Fdownload%2Fnoname%2F%257BF23DDA2A-1E58-4771-ACA8-90D06AB4FBE6%257D%2F32103&usq=AOvVaw0TuLPotul_uoS94_jTvW5)

Kuittinen, M. & le Roux, S. 2017. Vihreä julkinen rakentaminen. Hankintaopas. [Verkkajulkaisu.] Viitattu 10.9.2018. Saatavilla: [http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/80653/YO\\_2017\\_Vihrea\\_julkinen\\_rakentaminen\\_hankintaopas.pdf?sequence=1](http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/80653/YO_2017_Vihrea_julkinen_rakentaminen_hankintaopas.pdf?sequence=1)

Kyllö, J. 2018. Turun kaupunki, kaupunkikuva-arkkitehti. Puhelinhaastattelu 8.11.2018.

Lautkankare, R. 2018. Turun ammattikorkeakoulu, lehtori, projektipäällikkö. Haastattelu 7.11.2018.

Maankäyttö- ja rakennuslaki. 1999. 5.2.1999/132. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/>

Metsänranta, J. 2018. Lounais-Suomen Jätehuolto Oy, käyttöpäällikkö. Haastattelu 18.10.2018.

Pajunen, N. 2017. Rakentaminen ja kiertotalous. Rakentamisen materiaalitehokkuus ja kiertotalous -ajankohtaisseminaari 7.11.2017. Sitra. Viitattu 21.7.2018. Saatavilla: [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=2ahUKEwjdj-KeL0gHcAhWjNpoKHZnIBsAQFjACegQIAhAC&url=http%3A%2F%2Fwww.ym.fi%2Fdownload%2Fnoname%2F%257B9604737C-1A50-443E-A564-276CA424EB06%257D%2F132284&usq=AOvVaw0FH\\_n-lpiwNHw77sQt6Ddu](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=2ahUKEwjdj-KeL0gHcAhWjNpoKHZnIBsAQFjACegQIAhAC&url=http%3A%2F%2Fwww.ym.fi%2Fdownload%2Fnoname%2F%257B9604737C-1A50-443E-A564-276CA424EB06%257D%2F132284&usq=AOvVaw0FH_n-lpiwNHw77sQt6Ddu)

Pulkkinen, K. 2013. Terveys- ja ympäristöriskejä ei tunneta. Betonin pimeä puoli. [Verkkoartikkeli.] Viitattu 19.9.2018. Saatavilla: [http://www.kemia-lehti.fi/wp-content/uploads/2013/11/Betonin\\_piimea\\_puoli\\_Kemia-lehti\\_11\\_11\\_2013.pdf](http://www.kemia-lehti.fi/wp-content/uploads/2013/11/Betonin_piimea_puoli_Kemia-lehti_11_11_2013.pdf)

Punkki, J. Rakentamisen ekologisuus. [Verkkoartikkeli.] Viitattu 10.9.2018. Saatavilla: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK030305.pdf>

Rakennusmateriaalien hiilijalanjälki 2018. Opas kaavoitukseen, rakennusvalvontaan ja kiinteistönhallintaan. [Verkkajulkaisu.] Viitattu 11.9.2018. Saatavilla: <https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/Rakennusmateriaalien%20hiilijalanj%C3%A4lki%20WEB.pdf>

Rakennustieto 2018. RTS EPD -ympäristöselosteet. Viitattu 6.10.2018. Saatavilla: [https://www.rakennustieto.fi/index/tuotteet/EPD\\_ymparistoselosteet.html](https://www.rakennustieto.fi/index/tuotteet/EPD_ymparistoselosteet.html)

Ramate-työryhmä 2014. Toim. Hakaste, H. & Peuranen, E. Rakentamisen materiaalitehokkuuden edistämishjelma. Ympäristöministeriön raportteja. [Verkkajulkaisu.] Viitattu 25.9.2018. Saatavilla: [http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10138/135172/YMra\\_17\\_%202014.pdf?sequence=1](http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10138/135172/YMra_17_%202014.pdf?sequence=1)

Rossilahti, H. Rakentamisen taloudellinen kestävyys. [Verkkoartikkeli.] Viitattu 21.11.2018. Saatavilla: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK150103.pdf>

RT 35-11136 2013. Poltetut tiilet. Rakennustietosäätiö RTS.

Sitra 2014. Kiertotalouden mahdollisuudet Suomelle. Sitran selvityksiä 84. [Verkkajulkaisu.] Viitattu 12.7.2018. Saatavilla: <https://media.sitra.fi/2017/02/23221555/Selvityksia84.pdf>

Sitra 2018. 26.06.2018. Mitä nämä käsitteet tarkoittavat? Viitattu 11.7.2018. Saatavilla: <https://www.sitra.fi/artikkelit/mita-nama-kasitteet-tarkoittavat/>

Suomen Ympäristökeskus 2017. 2.6.2017. Ympäristön tila -katsaus 2/2017. Lineaaritaloudesta kiertotalouteen. [Verkkajulkaisu.] Viitattu 11.7.2018. Saatavilla: [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/187405/YT\\_2\\_2017\\_kiertotalous\\_FI.pdf?sequence=1](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/187405/YT_2_2017_kiertotalous_FI.pdf?sequence=1)

Teräs 2007. Perustietoa arkkitehtiopiskelijalle. Vammalan kirjapaino Oy. [Verkkajulkaisu.] Viitattu 19.9.2018. Saatavilla: [http://www.terasrakenneyhdistys.fi/document/1/40/66e53a5/Teras\\_web.pdf](http://www.terasrakenneyhdistys.fi/document/1/40/66e53a5/Teras_web.pdf)

Tiili-info 2018. Tiilen valmistus. Viitattu 19.9.2018. Saatavilla: <http://www.tiili-info.fi/tiili-materiaalina/tiilen-valmistus/>

Toimi ilmaston puolesta: Käytä puuta 2010. [Verkkajulkaisu.] Viitattu 13.9.2018. Saatavilla: <https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/Toimi%20ilmaston%20puolesta%20WEB.pdf>

Topinpuisto 2018. Mikä Topinpuisto? Viitattu 11.7.2018. Saatavilla: <https://www.topinpuisto.fi/info/>

Turun ammattikorkeakoulu 24.10.2018. Tulevaisuuden kiertotalouskeskukset. Viitattu 15.11.2018. Saatavilla: <https://www.turkuamk.fi/fi/tutkimus-kehitys-ja-innovaatiot/hae-projekteja/tulevaisuuden-kiertotalouskeskukset/>

Urban Mining. Circular Economy. Viitattu 9.9.2018. Saatavilla: <https://www.urbanmining.it/en/circular-economy>

Vatanen, M. 2016. Kestävää rakentamista EcoBuild 2016 -tapahtumassa. Lapin ammattikorkeakoulu. [Verkkajulkaisu.] Viitattu 31.7.2018. Saatavilla: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/107360/Kestavaa%20rakentamista%20EcoBuild%202016%20-tapahtumassa%20Vatanen%20Mikko.pdf?sequence=1>

Veijola, P. 2011. Kierrätysmateriaalien käyttö rakentamisessa. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. Viitattu 6.10.2018. Saatavilla: <https://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/20789/veijola.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Ympäristöosaava 2018. Rakennusala. Viitattu 16.11.2018. Saatavilla: <https://www.ymparistosaava.fi/rakennusala/index.php?k=22801>