

BETONIRAKENTAMISEN MATERIAALIVIRRAT OSANA KIERTOTALOUTTA

Tilaelementin vähähiilisyysarvio

Tiivistelmä

Tekijä(t) Hallikainen, Sami	Julkaisun laji Opinnäytetyö, YAMK	Valmistumisaika Syksy 2019
	Sivumäärä 45	5
Työn nimi Betonirakentamisen materiaalivirrat osana kiertotaloutta Tilaelementin vähähiilisyiden arviointi		
Tutkinto Insinööri YAMK		
Tiivistelmä <p>Rakennusala ja rakennukset aiheuttavat yli kolmanneksen Suomen hiilijalanjäljestä. Suomen kunniahimoiset tavoitteet hiilineutraalisuuden suhteen ajavat myös rakennustuotteiden valmistajat selvittämään omien tuotteidensa hiilijalanjäljet. Mikäli halutaan selvittää tuotteen ympäristövaikutukset, tulee tietää tuotteen koko materiaalit ja alkuperä. Tässä opinnäytetyössä on selvitetty rakennusalan toimenpiteitä kiertotalouden kannalta sekä betonituotetehtaan jäte- ja sivutuotevirtoja betonisen tilaelementti tuotteen valmistamisen osalta. Materiaalivirtojen analyysiin on käytetty apuna rakennusten vähähiilisyiden arviointityökalua, jolla voidaan vertailla eri rakennushankkeiden ympäristövaikutuksia. Työkalun käytöllä on haluttu selvittää, soveltuuko se rakennuksen osakokonaisuuden tekemiseen ja toimiiko se tilaelementin hiilijalanjälkiselvityksen työkaluna.</p> <p>Työssä saadaan myös arvokasta tietoa betoniteollisuusyrityksen jäte- ja sivuvirroista, joita syntyy tämänkaltaisen erikoistuotteen valmistuksessa erityisen laajalla materiaaaliskaalalla. Betoniteollisuuden sivujakeiden hyödyntäminen on myös tärkeää koko rakennustuotteen ja sitä käyttävän rakennuskohteen hiilijalanjäljen selvittämisen kannalta. Tulevaisuudessa rakennusmateriaalien uusiokäyttöön ja kaikkien materiaalien hyödyntämiseen tullaan kiinnittämään yhä enemmän huomiota, jolloin työstä saatua tietoa voidaan hyödyntää.</p>		
Asiasanat Kiertotalous, rakennustuoteteollisuus, jätemateriaalien hyötykäyttö, hiilijalanjälki		

Abstract

Author(s) Hallikainen, Sami	Type of publication Master's thesis	Published Autumn 2019
	Number of pages 45	
Title of publication Material flows in concrete construction as part of the circular economy. The evaluation of carbon emissions in a space element		
Name of Degree Master in Engineering		
Abstract <p>The construction sector and buildings are responsible for over a third of Finland's carbon footprint. Finland's ambitious targets for carbon neutrality are also driving manufacturers of construction products to determine the carbon footprint of their products. This thesis investigates the construction industry's good practices and the waste and by-product streams of a concrete product factory for the production of a concrete element product.</p> <p>The analysis of material flows has been carried out with the help of a low carbon assessment tool for buildings. The purpose of the tool was to find out, is it suitable carbon footprinting tool for a concrete space element.</p> <p>In the future, more and more attention will be paid to the reuse of building materials and the utilization of all materials, which will enable us to utilize the information obtained from the work.</p>		
Keywords Circular economy, Construction products, Waste management, Carbon footprint		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	TUTKIMUKSEN TAVOITE JA MENETELMÄT	3
3	KIERTOTALOUDEN TOIMINTAYMPÄRISTÖ	4
3.1	Kiertotalouden huomioiminen rakennusalalla.....	4
3.1.1	Kunnallinen jätehuoltoyhtiö	6
3.1.2	Yksityiset kierrätys- ja jätteenkäsittely-yritykset.....	6
3.1.3	Lahden seudun Kierrätyspuistohanke	7
3.1.4	Kiertoliike-projekti ja sMartha-hanke mukana selvittämässä Päijät-Hämeen materiaalivirtoja.....	8
3.2	Valtakunnalliset verkostot ja hankkeet	9
3.2.1	Rakentamisen kiertotalous kunnissa (RANTA) -hanke.....	9
3.2.2	CIRCWASTE-Kohti kiertotaloutta.....	10
3.2.3	UUMA-verkosto esimerkkinä alan verkostoitumisesta.....	10
3.2.4	Materiaalitori	11
3.2.5	Betonin karbonatisoituminen ja CO2ncrete Solutions-projekti	11
4	RAKENNUSALAN KIERTOTALOUDEN LAINSÄÄDÄNTÖ JA OHJEISTUS	13
4.1	Maankäyttö- ja rakennuslaki	13
4.2	Jätelaki	13
4.3	MARA-asetus eli Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa	14
4.4	MASA-asetus.....	14
4.5	Lannoitevalmistelaki	14
4.6	Paikalliset ohjeet ja määräykset.....	15
4.6.1	Ympäristönsuojelumääräykset.....	15
4.6.2	Betonimurskeohje Lahden ja Hollolan alueelle.....	16
5	YHTEISTYÖVERKOSTO.....	17
5.1	Päijät-Hämeen sisäinen yhteistyö	17
5.2	Hulevesikaivantojen koekohteet.....	17
5.2.1	Viherkattorakenteiden kasvualusta kierrätyskiviaineksista	17
6	RAKENNUSTUOTTEIDEN YMPÄRISTÖOMINAISUUDET	19
6.1	Rakennushankkeen tavoiteasettelu	19
6.1.1	Rakentamisen aikaiset ympäristövaikutukset.....	19
6.1.2	Hiilijalanjälki	20
6.1.3	Hiilikädenjälki.....	21

6.1.4	Elinkaariarviointi	21
6.2	Vähähiilisen rakentamisen ohjaukeinot	22
6.3	Hiilijalanjäljen laskentamenetelmä	22
6.4	Laskentatyökalun käyttö	23
7	TEHDASVALMISTEINEN TILAELEMENTTI.....	26
7.1	Esimerkkikohteen kuvaus	26
7.1.1	Suunnittelu- ja tuotantoprosessi.....	27
7.1.2	Toimitus tilaajan kohteeseen	27
7.2	Materiaalivirrat	28
7.3	Materiaalimäärät ja ympäristöominaisuudet.....	29
7.3.1	Esimerkkikohde	30
7.3.2	Materiaalien luettelointi	30
7.4	Muu materiaalikierto.	32
7.5	Elementtikylpyhuone-elementin materiaalit ja päästötietojen arviointi	34
7.5.1	Tietojen kerääminen ja syöttäminen	35
7.5.2	Laskennan tulos	37
7.6	Materiaaliselvityksen tulokset ja huomiot	38
8	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA.....	39
	LÄHTEET	42
	LIITTEET	46

1 JOHDANTO

Kiertotalouden eri tasojen ja hiilineutraaliuden käsitys tulee koko elinkeinoelämän ja tuotteita valmistavan ja rakentavan teollisuuden alan tietoisuuteen viimeistään nyt kun siirrytään 2020-luvulle. Valtiot ja organisaatiot ovat muodostaneet omissa toiminnassaan suuntalinjat siirtymisestä vähähiiliseen yhteiskuntaan ja tuotantomenetelmiin sekä osaltaan luovat uusia toimintatapoja seuraaville sukupolville, kuinka maapallon rajallisia luonnonvaroja voitaisiin käyttää säästeliäästi. Materiaalien käytön kiertotaloudellinen näkökulma vaatii vielä paljon kehittämistä. Betonin, teräksen, alumiinin ja muovien kierrätystä parantamalla saataisiin globaalilla tasolla jopa 40 %:a pienemmät teollisuuden vuosittaiset hiilidioksidipäästöt. (Resurssiviisaudella säästöjä 2018.) EU ja Suomi ovat sitoutuneet vähentämään rakentamisen ympäristövaikutuksia, joihin pyritään erilaisilla tietoisuuden kasvattamisen keinoilla ja lainsäädännöllisellä ohjauksella. Toimenpiteitä toteutetaan kansallisesti jo eri tasoilla ja menetelmillä. Jätedirektiivin voimaan astuminen vuoden 2020 kesällä tuo rakennusalaalle tiukentuvia velvoitteita kierrätyksen osalta. Tavoitteena olevan 70 % kierrätykseen saatavan rakennusjätteen määrän saavuttamiseksi ei enää riitä jatkossa, että rakennustyömaan jätelajittelussa on energijätteen ja joidenkin kierrätykseen kelpaavien jätelajikkeiden keräyspisteet. Kierrätyksen lisääminen varsinkin puujätteen osalta tuo haasteita, sillä Suomessa puun hyödyntäminen muulla tavalla kuin energiana on ollut vaikeaa. Kivipohjaisten jättemateriaalien, kuten betonin hyödyntäminen voisi olla esimerkkinä siitä, kuinka rakennusala pystyy ottamaan kiertotalouden osaksi suunnitelmallista rakentamista.

Rakennusjätteiden hallinta rakennusprosessin aikana huomioidaan rakennuksen ja rakennustuotteen suunnitteluvaiheessa usein liian yleisperäisesti, jolloin jätteenkäsittely usein toteutetaan perinteisten rakennustyömaan toimintatapojen mukaisesti eli toteutuu heikoimmillaan vain energia- ja rakennusjätelajien välillä tehdyllä lajittelulla. Rakennustuotteiden kierrätettävyyden mahdollisuuteen saadaan jatkossa parannusta, kun kaikkien valmistajien suunnittelun ohjeistukset saadaan huomioimaan nämä kiertotalouden seikat ja tulevien rakennushankkeiden päästöt myös arvioitua helposti.

Rakentamisen eri sektorit käyttävät puolet maapallon luonnonvaroista. Suomessakin rakentaminen ja rakennukset tuottavat kolmanneksen kaikista maamme kasvihuonepäästöistä, joka on huomattu alan toimijoiden parissa ja siksi toimenpiteisiin on alan sisällä ryhdytty. Rakennusalan uudet toimintatavat sekä kierrätyksen huomioiminen rakennusten ja rakennustuotteiden valmistuksessa tuovat haasteita nopealla aikataululla koko toimitusketjulle.

Rakennusalalla jätehuolto ja hukkamateriaalin syntyminen ovat merkittäviä kulueriä koko projektin sisällä. Ongelmana on ollut keskitetyn käsittelyn puuttuminen, jolloin hyötykäytön ja jätteenä käsittelyn kustannukset ovat kasvaneet yksittäisille tuottajille suhteellisen suu-riksi. Rakennusteollisuuden sisällä voi syntyä hankalasti käsiteltävien jättejakeita, joiden käsittely voi olla kallista, kun näiden jakeiden hyötykäyttäjää ei ole lähellä tai saatavilla ol-lenkaan. Teollisuudessa syntyvien sivuvirtojen määrät ovat usein pieniä verrattuna tuotan-tomääriin ja samalla ne ovat vaikeasti hyödynnettäviä teollisuuden omissa prosesseissa. Vaikka sivuvirtoja voisikin käyttää omassa tai lähellä olevassa tuotannossa, on niiden määrät usein pieniä ja tasaisen saatavuuden takia hyödyntäminen ei onnistu, vaikka halua kierrätysmateriaalien käyttöön olisikin. Lisäksi eri tuotteiden valmistajat ovat prosesseil-taan ja tuotantomääriltään erilaisia ja ne ovat keskittyneet hyvin hajanaisesti eri puolille toiminta-alueita. Rakennustuotteen ympäristöominaisuuksiin ja koko toteutettavan raken-nuksen hiilijalanjälkeen vaikuttavat monet seikat: Raaka-aineiden valmistus ja kuljetusetäi-syydet, valmiiden tuotteiden sekä jäte- ja sivuvirtojen kuljetukset, rakennuksen käytönai-kaiset vaikutukset ja lopulta käytönjälkeinen käyttö. Kierrätyksen toteuttaminen tulee huomioiduksi rakennustuotteen elinkaareen, jolla on suuri vaikutus alan teollisuuden toiminta-tapojen alkaneeseen muutokseen.

2 TUTKIMUKSEN TAVOITE JA MENETELMÄT

Tässä työssä perehdytään rakennusalaalla syntyvien jätteiden ja sivutuotteiden käsittelyratkaisuihin ja seurataan yhden rakennustuotteen valmistusprosessin materiaalien kiertoa syntypaikalla ja materiaalien käsittelyä. Työssä läpikäydään projektin ulkopuolisia tutkimuksia ja selvityksiä. Työssä tarkastellaan alan toimintatapoja ja rakennusalaan koskevaan lainsäädäntöä, sillä sen uudistuminen suhteessa tiukentuviin kansainvälisiin tavoitteisiin on vilkkaassa muutostilassa. Esimerkiksi ympäristö- ja jätelainsäädännön suhtautuminen mineraali- ja betoniteollisuuden sivuvirtoihin on muuttunut parin viime vuoden aikana ja uusia hyötykäyttömahdollisuuksia on tullut alan valmistajien työtä helpottamaan.

Työssä tarkastellaan esimerkkikohteen avulla rakennusjätteiden syntymistä ja käsittelyä tehdasolosuhteissa rakennettavan betonisen tilaelementin kautta ja kuinka sen rakentamisesta syntyvää jätevirtaa voidaan hallita. Tätä prosessia voidaan verrata normaaliin työmaarakentamisessa syntyvään rakennusjätteen hallintaan ja käsittelyyn. Apuna tilaelementin materiaalien selvitykseen on käytetty kaikille avointa rakennuksen vähähiilisyysarviointimenetelmää, jonka tuloksena saadaan myös hiilijalanjätkilaskelma tarkastelun alla olevalle rakennustuotteelle. Hiilijalanjätkitietoa voidaan käyttää rakennustuotteen markkinoinnissa ja samanlaisella laskentamenetelmällä tehtyjä kohteita voidaan vertailla ympäristövaikutuksien osalta.

Työssä tehtyjen materiaaliselvitysten perusteella myös selviää millaisten tietojen avulla kohdetarkastelussa olevalle Rakennusbetoni- ja Elementti Oy:n valmistamalle tilaelementille on mahdollista jatkossa tehdä tarkka ympäristöprofiili ja mitä tulisi huomioida valmistuksen yhteydessä käytetyistä materiaaleista. Tehdasolosuhteissa tuotetut rakennusmateriaalit ovat helposti hallittavissa, mutta kysymyksenä on pystytäänkö valmistusprosessissa todentamaan tämänkaltaisen rakentamistavan ympäristövaikutukset ja näin antamaan lisätietoa rakennuttajille erilaisten rakennustapojen ja -materiaalien vaikutuksista ennen hankintapäätöstä.

3 KIERTOTALOUDEN TOIMINTAYMPÄRISTÖ

3.1 Kiertotalouden huomioiminen rakennusalalla

Rakentamisen jätteet on jo määritelty Suomen Valtakunnallisessa jätesuunnitelmassa yhdeksi painopisteeksi, johon tulee lähitulevaisuudessa kiinnittää huomiota. Rakentamiseen liittyvän jätehuollon tavoitteena on: Jättemäärä vähenee, rakennus- ja purkujätteen materiaalin hyödyntämistä nostetaan 70 %:iin, jätteiden hyödyntämistä lisätään riskit halliten ja parannetaan tilastoinnin tarkkuutta ja oikeellisuutta.

Suomi on laatinut kunnianhimoisen tavoitteen päästä hiilineutraaliksi vuoteen 2035 mennessä. Suomen hallituksen 6.6.2019 hyväksymän tavoitteen mukaan Suomi tähtää siihen tekemällä suunnitelman yhdessä alan toimijoiden kanssa. Tavoitteena on jatkaa vähähiilisen rakentamisen tiekartan toimeenpanoa ja kehittää rakennuksen elinkaarenaikaiseen hiilijalanjälkeen perustuvaa säädösohjausta. Lisäksi tehostetaan materiaalien kierrätystä ja kiertotaloutta rakennusalalla. (Osallistava ja osaava Suomi 2019.) Rakennusalalle on myös tarkoitus luoda alan toimijoiden kanssa hiilineutraaliuteen tähtäävä toimialakohtainen suunnitelma.

Päijät-Hämeen alueella on määritetty oma alueellinen tiekartta, jonka tavoitteet ja toimenpiteet ohjaavat alueen kiertotalouden kehitystä kohti materiaalitehokasta yhteiskuntaa. Kiertotalouden tiekartta on jaettu viiteen tärkeään teemaan, josta yksi on materiaalikierrot. Muut teemat ovat biotalous, energia, uudet palvelut ja alueen edelläkävijyys tällä sektorilla. Rakentamisen kaiken materiaalien hyötykäytön ja hankkeen alussa hankintojen tekeminen mahdollisimman ekologisin perustein ja koko elinkaaren aikaiset vaikutukset tulisivat huomioiduksi rakennushankkeen hankinnoissa. (Päijät-Hämeen kiertotalouden tiekartta 2017.)

Koko alaa koskevat tavoitteet syntyvät yhteistyötä tehostamalla, koska vilkastunut rakentaminen ja vanhojen kohteiden saneeraaminen tarvitsee tekijöitä ja uusia käsittelyratkaisuja. Rakennusalan toimijat ovat saman ongelman parissa laajemmaltakin: Kuinka saada syntyvä materiaalin hukkaa ja syntyviä jättekustannuksia pienennettyä. Rakentamisen volyymit ovat tällä hetkellä suuria ja suurten rakennushankkeiden materiaalien hankinta ja ylijäämämateriaalien poistoimittaminen kierrätykseen tai jätekeskuksiin aiheuttaa omat kustannukset ja toimenpiteensä. Tällä hetkellä rakentaminen keskittyy suuriin kaupunkeihin niin, että asunto- ja toimitilarakentaminen on jatkuvasti kasvanut. Vuonna 2019 on ennustettu, että asuntorakentaminen käy edelleen vilkkaana ja lähivuosina on havaittavissa hiipumista ja pudotusta ennätysvuodesta 2018 ja 46 200 rakennetun asunnon määrästä

aletaan tulla alaspäin pikkuhiljaa niin että vuonna 2019 valmistuisi 38 000 asuntoa seuraavana vuonna enää 32 000 asuntoa. Näitä määriä voidaan pitää niin sanottuna normaalitasona Suomessa. (Rakennusteollisuus RT ry 2019.)

Rakentaminen ei tule vähenemään merkittävästi, sillä korjausrakentaminen pitää alan kiireisenä rakennuskannan ikääntymisen seurauksena. Seuraavien vuosikymmenien aikana tullaan peruskorjaamaan suuria määriä 60- ja 70 lukujen aikana rakennettuja asuntoja, jotka alkavat olla saneeraustarpeessa. Myös vanhentuneen rakennuskannan purku lisääntyy, sillä Suomessa on alueita, joilla väestön väheneminen aiheuttaa ylipulaa asunnoista ja saneeraus ei ole enää kannattavaa hiljentyneillä alueilla. (Rakennusteollisuus RT ry 2018.)

Raakaöljyn hinnan nousu vaikuttaa kuljetuskustannusten nousuun ja siksi turhan (jäte) materiaalin kuljetuksien optimointi ja keräysjärjestelmien suunnittelu tulee tehdä niin että turhaa edestakaista kuljettamista vähennetään. Pääkaupunkiseudulla on ollut jo maanrakennuskohteita, joissa on hyödynnetty poiskuljetettuja ylijäämämaita toisessa rakennuskohteessa. Tämä on tarkoittanut sitä, että kohteen koordinaattorin on täytynyt selvittää jo ennen rakennusurakan aloittamista mitä aineksia, kuinka paljon ja mihin ne voisi hyödyntää. Samanlaista materiaalikoordinaattorin käyttöä olisi pyrittävä ottamaan käyttöön myös muissa rakentamisen materiaaleissa huomioon.

Ylijäämämateriaalien hyödyntäminen tuo konkreettista liiketoimintaa rakennusalalle. Pienimuotoista rakennusmateriaalien vastaanotto ja noutopalvelua on ollut jo pidempäänkin mm. eri jätehuoltoyritysten toimesta. Tämä ei kuitenkaan ratkaise kysynnän ja tarjonnan kohtaamisen puutteita, sillä keräyspisteisiin tuodut tarvikkeiden määrät ovat olleet pieniä. Usein nämä palvelevat yksityisiä pienrakentajia, jotka tarvitsevat omaan remonttikohteeseensa jotakin rakennusmateriaalia ja silloin pienikin erä tiettyä tarviketta täyttää tehtävänsä. Kustannustehokkuus on omaa rakennusta rakentavalle tai saneravalle yksityishenkilölle tai pienyrittäjälle edelleen ratkaiseva tekijä, sillä rakentamisen materiaalikustannukset ovat nousseet viime aikoina 2-3 %:n vuositahdilla. [Rakennusteollisuus RT ry 2018.] Uutta liiketoimintaa kierrätysmateriaaleista ovat tuottaneet esimerkiksi kaupunkien ja yhdistysten omat kierrätystarvikemyymälät ja rakennustarvikkeisiin erikoistuneet yksityiset liiketoimintayritykset kuten Patina, Netlet Oy Ab ja Suomen Ylijäämävarasto.

3.1.1 Kunnallinen jätehuolto

Päijät-Hämeen jätehuolto Oy (PHJ) on 10 kunnan omistama liikelaitos, jonka tehtävänä on huolehtia alueen asukkaiden ja yritysten jätehuollosta. Päijät-Hämeen alueelta omistajakuntia ovat Asikkala, Heinola, Hollola, Kärkölä, Lahti, Orimattila, Padasjoki ja Sysmä. Lisäksi mukana ovat Uudenmaan puolelta lähikunnat Myrskylä ja Pukkila. Näiden kuntien alueella asui vuoden 2018 tilaston mukaan 201 670 asukasta, joiden lakisääteisestä jätehuollosta Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy vastasi. Yritys on toiminut alueella vuodesta 1993 alkaen huolehtien myös alueen yritysten jätehuolto ja kierrätyspalveluista. Yrityksiltä jäteasemalle tuodaan erilliskerättyjä jätelajeita: energia- ja puujätettä, kattohuopajätettä, ylijäämämaita, betonia ja tiiltä. Lajittelulaitoksen (LATE) kautta yritysten ja rakennustyömaiden sekajätetuormista lajitellaan erilaiset muovit, metallit ja kuidut materiaali- ja SRF-polttoainekäyttöön. (Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy 2019.)

Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2023 mukaan rakentamisen jätteiden osuus kokonaisjättemäärästä on ollut Suomessa 15-30 % välillä.

3.1.2 Yksityiset kierrätys- ja jätteenkäsittely-yritykset

Paikallisia kierrätykseen ja erityisesti rakennus- ja betonijätteenkäsittelyyn keskittyviä yrityksiä on useita. Suurimpina toimijoita ovat purku- ja jätteenkäsittelyalan yritykset Umicon, Gles.Kierrätys Oy, Purkupiha Oy ja Remeo Oy. Näillä valtakunnallisilla yrityksillä on toimipisteet Lahden alueella ja ympäristöluvut betoni- ja rakennusjätteen käsittelyyn ja varastointiin. Alueen yritysten lupamääräysten mukaiset käsittelymäärät on luetteloitu taulukossa 1.

Jätteenkäsittely ja kierrätysalan yritysten ympäristöluvut käsittelee aluehallintovirasto tai kunnan ympäristönsuojeluviranomainen. Ympäristönsuojeluasetuksessa (713/2014) on määritetty mikä viranomainen ympäristöluvan käsittelee. Suuremmissa ja alueellisesti merkittävissä jätteenkäsittelytoiminnoissa luvan käsitelijä on aluehallintovirasto ja kunnan ympäristönsuojeluviranomainen käsittelee luvan, kun pilaantumattoman maa-ainesjätteen, betoni-, tiili- tai asfalttijätteen tai pysyvän jätteen muu käsittely kuin sijoittaminen kaatopaikalle on alle 50 000 tonnia vuodessa.

TAULUKKO 1. Rakennusjätteiden käsittelyyn erikoistuneiden yritysten ympäristöluissa määritellyt jätteenkäsittelyn vuosittaiset enimmäismäärät.

Yritys	Betoni-jäte (t)	Tiilijäte (t)	Laatat, kera-miikka (t)	Puujäte (t)	Rakennus- ja purku-jäte (t)
Päijät-Hämeen Jätehuolto	26 000	6 000		50 000	25 000
Purkupiha Oy	10 000	5 000			3 000
Umacon Oy					
Gles Kierrätys Oy	23 000	9 000	2 000	3 000	
Remeo Oy					5 000* Sisältää betonin, tiilet, maa- ja kiviaineksen

3.1.3 Lahden seudun Kierrätyspuistohanke

Lahden seudulla jätteen käsittely on keskittynyt Kujalan jätekeskukseen. Tulevina vuosina sen laajentaminen ei tule kysymykseen ja kasvavien jätemateriaalimäärien käsittelemiseksi Päijät-Hämeessä on aloitettu uuden käsittelyalueen perustamisalueen etsiminen. Vuoden 2017 lopussa valmistui Päijät-Hämeen liiton johdolla selvitys, jossa selvitettiin 10 eri vaihtoehtoa kierrätysalueen sijaintipaikaksi. Perustettavan kierrätystoiminnan käsiteltäviä materiaaleja olisivat teollisuuden ja maanrakentamisen sivutuotteet ja jätteet (puhtaat maa-ainekset, rakennus- ja purkujätteet, betoni, tiili, tuhkat, pilaantuneet maa-ainekset, energiahyötykäytettävät materiaalit, metsätähteitä). Siellä valmistettaisiin jätteistä energi-antutuotannon raaka-aineita ja kierrätysmateriaaleja maarakentamisen käyttöön.

Tarkastelun kohteena oli kolme kohdetta Lahden kaupungin alueelta, viisi kohdetta Orimattilan kaupungin alueelta ja kaksi kohdetta Hollolan kunnan alueelta. Kohteita arvioitiin eri kriteerein ja yleisellä karttakyselyllä ja aiheesta järjestettiin kaksi yleisötilaisuutta, johon sai kaikki asiasta kiinnostuneet osallistua. Tehdyn selvityksen perusteella jatketaan neljän kohteen osalta jatkoselvityksillä, joita ovat YVA-menettely ja kaavoitusratkaisut alueilla.

Selvitys jatkuu Hollolassa eteläisen kehätien alueen osalta ja Orimattilassa kohteet ovat Marjasuon alue, Matomäen alue ja Loukkaanmäen alue. Lahdesta ei selvityksen mukaan ole sopivaa aluetta uudelle kierrätyspuistolle, vaan siellä jatkuu toiminta myös nykyisen Kujalan jätekeskuksen alue nykyisillä yhdyskuntajätteen käsittelyalueena. Uuden jätteenkäsittelyalueen olisi tarkoitus olla toiminnassa 2030 luvulla.

3.1.4 Kiertoliike-projekti ja sMartta-hanke mukana selvittämässä Päijät-Hämeen materiaalivirtoja

Lahden ammattikorkeakoulu on ollut mukana selvittämässä Päijät-Hämeen yritysten sivuvirtoja ja materiaalien hyödyntämisestä toisten tuotteiden valmistamisessa ja syntyviä liiketoimintamahdollisuuksia materiaalien hyötykäytön kannalta. Toisen yrityksen valmistuksen yhteydessä syntyvä hukkamateriaali voi olla toisen valmistajan materiaali. Näitä materiaalivirtoja ei ole aikaisemmin tarkemmin selvitetty kovin perusteellisesti. Kiertoliike-projektissa selvitys keskittyi fosfori, typpi, muovi, tekstiili, puu, tuhka ja metalli materiaalivirtoihin alan teollisuusyrityksissä. Moni näistä materiaaleista meni suoraan jätteeksi, vaikka niille olisi saattanut olla hyödyntäjiä lähialueilla. Rakentamisen alalta selvityksen kohteena olivat puujäte ja joiltakin osin rakentamisessa syntyviä jakeiden osalta metalli ja muovi. Kiertoliike-projektin mukaan puun hyötykäyttö materiaalina syntyvästä jättepuusta on vain 26,5 %. Puujätteen hyödyntämisen määrä on Päijät-Hämeessä 88 500 tonnia kun kokonaismäärä on koko Päijät-Hämeessä syntyvän jättepuun osalta 364 700 tonnia. Kierrätysasteen nostaminen tulevaisuuden kiristyvien tavoitteiden tasolle vaatii jättepuun hyödyntämisen kasvattamista suuria panoksia kierrätystekniikoihin, sillä puujäte sisältää hyvin paljon myös muita materiaaleja. Esimerkiksi naulat, betoni ja pinnoitemateriaalit vaikeuttavat puun kierrättämistä materiaalina.

Päijät-Hämeessä toimii sMartta materiaalitehokkuushanke. Hankkeessa kehitettyjen materiaali- ja energiakatselmointien avulla pyritään löytämään alueen yritysten tuottamien sivuvirroille hyödyntämiskohteita alueen muissa yrityksissä ajatuksella että toisen jäte on toisen raaka-aine. sMartta-hanke toimii vuosien 2019 alusta vuoden 2020 loppuun Euroopan aluekehitysrahaston (EAKR)-rahoituksella ja Lahden ammattikorkeakoulun koordinoimana kuuluu teollisten symbioosien FISS-verkostoon. Yhdessä Motivan ja Päijät-Hämeessä toimivien pk-yritysten kanssa on tarkoitus kehittää matalan kynnyksen materiaalikatselmustoimintaa niin että materiaalivirrat olisi helposti hyödynnettävissä omalla alueella ja samalla toisivat myös kustannussäästöjä toimijoille. Hanke on toteuttanut kevennettyjä materiaalikatselmuksia pienille tai keskisuurille yrityksille, joille normaalin katselmuksen teettäminen on voinut olla suuri kustannuskysymys. Nykyiset materiaalikatselmoiteja tarjoavien konsulttiyrityksien palvelut ovat usein suunnattu isoille yrityksille, joilla on varaa

maksaa useita tuhansia euroja maksavista katselmuksista ja näin saada myös huomattavia materiaali- ja kustannushyötyjä. sMartta-hankkeella yritetään saada materiaalihukka talteen myös pieniltä yrityksiltä ja näin koota alueellinen tieto yhteen ja luoda yhteistyöverkosto, jolla pystytään parantamaan hiilineutraaliuden tavoitetta Päijät-Hämeen tavoitteiden saavuttamiseksi. (sMartta 2019.)

3.2 Valtakunnalliset verkostot ja hankkeet

3.2.1 Rakentamisen kiertotalous kunnissa (RANTA) -hanke

Vuoden 2019 tammikuussa päättyi kaksivuotinen ja EAKR-rahoitteinen RANTA-hanke, jossa Helsingin, Vantaan ja Hämeenlinnan kaupunkien todellisten purkukohteiden kautta selvitettiin kiertotalouden mahdollisuuksia ja ongelmakohtia. Siinä tutkittiin hankintakriteeristön kehittämistä, kartoitettiin kierrätystoiminnan nykyiset pullonkaulat ja esteet, nykyiset kierrätysalan toimijat ja liiketoimintamahdollisuudet sekä myös maaperän puhdistamiseen ja infrarakentamisen maamassojen hallintaa liittyvät toimet. Hanke teki kohteiden havainnoista yhteenvedot, kehitysehdotuksia ja suosituksia kiertotalouden huomioimiseen hankinnoissa. Aiheesta tehtiin YM:n opas vuonna 2019 hankintojen avuksi ja tarkoituksena on auttaa lähinnä kunnallisia toimijoita tunnistamaan kierrätystoiminnan ongelmat ja edesauttamaan kiertotalouden periaatetta hankintaprosessissa. (Rakennusten purku-urakoiden ja maamassojen hallinnan kiertotalous 2018.)

Hankkeen loppuraportissa todettiin, että tähän mennessä kiertotalouden huomioiminen ei ole ollut ohjaava tekijä purkutöiden hankinnoissa eikä kiertotalouden huomioiminen ole kuntien laatukriteeristössä mainittuna. Myös purku-urakoiden tiukka aikataulu ei anna mahdollisuutta rakennustarvikkeiden kierrättämisen selvittämiseen. Tämä toisaalta antaisi mahdollisuuden synnyttää uutta liiketoimintaa kolmannelle osapuolelle, joka huolehtisi purkukohteesta hyödynnettävien tarvikkeiden kuten kalusteiden, LVI-varusteiden, kodinkoneiden sekä ovien ja ikkunoiden poishakuun ja myymiseen. Hankkeen koordinaattorina toimi Green Net Finland ja mukana olivat myös Metropolia ammattikorkeakoulu, Suomen ympäristöopisto Sykli ja Hämeen ammattikorkeakoulu.

RANTA-hankkeen jatkoksi on käynnistynyt syksyllä 2019 HYPPY-hanke, joka hyödyntää aikaisempaa tietoa ja tarkoituksena on etsiä rakennus- ja purkujätteiden kierrätykseen ja uudelleenkäyttöön päätyvien osien jatkokäytölle ja teollisten symbioosien verkostoa ja toimintatapojen muutosta, jolla olisi toimitusketjuille hyötyä ja liiketoiminnan monipuolistamismahdollisuuksia. Hanke kestää vuoden 2022 tammikuun loppuun asti ja rahoittajina ovat

EAKR, Helsingin kaupunki, Forssan kaupunki ja Hämeenlinnan Seudun Työvalmennussäätiö Luotsi. (HYPPY 2019.)

3.2.2 CIRCWASTE-Kohti kiertotaloutta

Suomen ympäristökeskus koordinoi 20 kumppanin ja 10 osarahoittajan CIRCWASTE-hanketta vuosina 2016-23. Hankkeessa toteutetaan 19 osahanketta, jotka pilotoivat tai kehittävät esimerkiksi teollisuuden sivutuotteisiin, rakennusjätteisiin, maa-aineksiin tai yhdyskunta tai teollisuusjätteisiin liittyviä hankkeita. Teollisten symbioosien luominen ja uusien kierrätyspuistojen kehittäminen ovat hankkeen konkreettisia tuloksia.

Toiminta keskittyy viidelle alueelle: Varsinais-Suomen, Satakunnan, Keski-Suomen, Pohjois- ja Etelä-Karjalan alueille, joissa toimitaan alueittain ja joista osallistutaan myös valtakunnallisiin työryhmiin toteuttamaan mm valtakunnallista jätesuunnitelmaa. Pääpaino on alueellisella toiminnalla ja kehittää kierrätystoimintaa ja kannustaa alueen asukkaita ja toimijoita laatimalla kiertotalouden tiekartta, jolla alue on mukana kansallisen sekä kansainvälisen kiertotalouden tavoitteissa. (Jätelaki 2011.)

3.2.3 UUMA-verkosto esimerkkinä alan verkostoitumisesta

Valtakunnallisena tutkimus- ja yhteistyöverkostoitumisen esimerkkitaapauksena voidaan pitää uusiomaarakentamiseen keskittyvää UUMA-verkostoa, joka on vuodesta 2009 hakenut erialojen ammattilaisten avulla ratkaisua teollisuuden sivuvirtojen ja jätejakeiden kuten maa-aineksien ja betonimurskeen käyttöön maanrakennusmateriaalina. Se on pitänyt yllä tutkimusta ja keskustelua alan toimijoiden ja viranomaisten välillä, jotta muutos saataisiin jo lainsäädännön tasolta huomioimaan kierrätysmateriaalien edut sekä käyttäjien ja jättemateriaalien tuottajien kohtaavuus rakennuskohdetta suunniteltaessa ja kestäväällä tavalla rakennettaessa. Verkosto on ollut yhtenä asiantuntijaorganisaationa, kun on tehty lainsäädäntöuudistusta kierrätyksen tehostamiseksi rakennusalalla, mm. maa-ainesten hyötykäyttämistä rakentamisessa eli niin sanotun MARA-asetuksen (843/2017) valmistelussa. Verkostoon kuuluu suuri joukko maan infra- ja rakennusalan, kierrätysmateriaalien parissa toimivia yrityksiä ja viranomaisorganisaatioita. Parhailaan on vuosina käynnissä UUMA3-ohjelma vuosina 2018-20, jossa on mukana paljon myös kunta-alan toimijoita kaupungeista energia-alan yrityksiin, joissa on sekä hyödyntäjiä että sivumateriaalien tuottajia. Kierrätysalalla tapahtuvan nopean kehityksen seurauksena on UUMA-ohjelma esimerkillinen toimija, joka on kerännyt kattavan materiaalipankin uusiomaarakentamisessa tarvitta-

vista ohjeistuksista samaan kohteeseen UUMA-ohjelman nettisivuille kaikkien alan toimijoiden, alaa opiskeleville ja asiasta kiinnostuneiden käyttöön sekä tiedottamiseen. Suuri määrä aineistoa on kaikkien vapaasti saatavilla. (UUMA 2019.)

3.2.4 Materiaalitori

Valtakunnallisesti on valtiohallinnon toimesta perustettu laajaan yhteistyöhön ja hyvään tiedonkulkuun perustuvia teollisia symbiooseja Suomessa, joiden tarkoituksena on auttaa yrityksiä löytämään eri toimijoita, joilla voisi olla yhteisiä resurssien hyödyntämistä omista toimialoissaan. Teolliset symbioosit Suomessa eli FISS-malli edesauttaa yrityksiä tunnistamaan omat resurssit ja tuotantonsa sivuvirrat tai muun osaamisen, jota voi yhteistyössä toisen toimijan tuottaa arvokasta lisäarvoa molemmille molemmille osakkaille niin rahallisesti, ympäristöä säästäen tai voi synnyttää uutta liiketoimintaa olemassa olevan toiminnan yhteyteen.

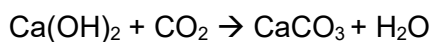
Suomessa ympäristöministeriön aloitteesta Motiva Oy on FISS-mallin kokoaja ja ylläpitäjä, joka on keväällä 2019 julkaissut pilottina Materiaalitori -palvelun näiden yritysten sivuvirtojen hyödyntämispaijaksi. Materiaalitorilla yritykset tai julkiset toimijat voivat tarjota tuottamia jätteitä tai tuotantojensa sivuvirtoja toisille toimijoille, joilla on niille käyttöä. Palvelun tarkoituksena on, että tuote ja tarve kohtaavat helposti ja luotettavasti niin että lainsäädännölliset velvoitteet tulevat hoidetuksi. Yritykset voivat rekisteröityä palveluun luotettavan tunnistautumisen kautta ja sen jälkeen tarjota materiaaleja tai palveluja siellä ja nähdä myös tarkemmat tiedot tarjottavista materiaaleista. Materiaalitorin oltua muutaman kuukauden käytössä, sinne on tullut ilmoituksia eri toimialoilta. Useimmat sivuvirtoja tarjonneet toimijat ovat tarjonneet MARA-kelpoisia maarakentamisen materiaaleja kuten betonimursketta ja teollisuustuhkia. (Materiaalitori 2019.)

3.2.5 Betonin karbonatisoituminen ja CO2ncrete Solutions-projekti.

Betoniteollisuus ry on mukana hankkeessa, jossa selvitetään Suomen betonirakentamisen hiilidioksidivaikutuksia. Hanke pyrkii kasvattamaan betonirakentamisen hiilensidonnain tietoisuutta sekä alan kierrätysmenetelmiä, joita alalla käytetään ja millä toimenpiteillä betonirakentamisen ympäristövaikutuksia saadaan pienennettyä rakennusalalla. Co2ncrete Solutions on yksi Kohti hiilineutraaleja kuntia ja maakuntia (CANEMURE) Life-ohjelman osahanke, jolla mm. edistetään Suomessa ilmastonmuutoksen haitallisia vaikutuksia ja luodaan kestävää kaupunkirakennetta ja vähähiilistä tuotantoa sekä kulutusta.

Co2ncrete Solutions-hankkeen toteutusaikana vuosina 2019-23 keskitytään siihen, kuinka paljon Suomen betoninen rakennuskanta sitoo hiilidioksidia. Betoni koostuu sementistä, kiviaineksista, vedestä ja betonin ominaisuuksiin vaikuttavista lisäaineista. Betonin suurin ympäristövaikutus johtuu sementin valmistuksesta, jossa kalkkikivestä poltetaan suuressa lämpötilassa sementtiklinkkeriä ja prosessi vaatii paljon energiaa. Kalkkikivi on uusiutumatonta luonnonvara, jonka polttoprosessissa tapahtuva mineraalien reagointi vapauttaa ilmaan hiilidioksidia ja kalsiumoksidia. Betonin kovettuessa siinä oleva kalsiumhydroksidi ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ja ilmassa oleva hiilidioksidi (CO_2) reagoivat keskenään, jolloin sementin valmistuksen yhteydessä polttoprosessia vapautunut hiilidioksidi sitoutuu takaisin sementtikiveen ja pyrkii muuttamaan kalsiumhydroksidin takaisin kalkkikiveksi. Tätä prosessia kutsutaan betonin karbonatisoitumiseksi. (Betoniteollisuus ry 2019.)

Karbonatisoitumisen kemiallinen kaava on:



Karbonatisoitumista tapahtuu koko kovettuneen betonirakenteen käyttöajan ajan, mutta sen teho lisääntyy betonin loppukäytön aikana kun rakenne murskataan ja hiilidioksidin tarvitsema emäksinen pinta-ala kasvaa moninkertaiseksi. Hiilidioksidin sitoutumista betonirakenteisiin ja karbonatisoitumisen merkitystä ei ole osattu tuoda Suomessa tarpeeksi esille määritettäessä rakennusalan ympäristövaikutuksia. Alan teollisuus tutkii tällä hankkeella betonirakenteiden hiilinielujen maksimointia ja kuinka alan julkisuuskuvaa voidaan tuoda positiivisemmaksi.

Suomen kaikista kasvihuonekaasupäästöistä sementin valmistus aiheuttaa noin 1,5 % (Betoniteollisuus ry 2019). Sementtiteollisuus on pyrkinyt kehittämään alaa vähemmän ympäristöä kuormittavaksi mm. kierrätyspolttoaineita käyttämällä ja lisäämällä sementtiin muun teollisuuden sivutuotteita. Seosementtien käyttäminen pienentää betonirakentamisen hiilidioksidipäästöjä, mutta voi rajoittaa sen käyttökohteita lujuuden tai käyttöiän suhteen. (Finnsementti Oy 2019.)

4 RAKENNUSALAN KIERTOTALOUDEN LAINSÄÄDÄNTÖ JA OHJEISTUS

4.1 Maankäyttö- ja rakennuslaki

Rakentamista ohjaavan maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) tarkoituksena on luoda terveellinen, turvallinen ja viihtyisä elinympäristö, jossa erilaisten ihmisten tarpeet on huomioitu. Lain tavoitteena on järjestää alueiden käyttö ja rakentaminen niin, että se edistää ekologisesti, taloudellisesti, sosiaalisesti ja kulttuurisesti kestävä kehitystä. Lisäksi se turvaa kansalaisten osallistumismahdollisuuden asioiden valmistelussa ja suunnittelun laadun ja vuorovaikutteisuuden, asiantuntemuksen monipuolisuuden ja avoimen tiedottamisen mahdollisuuden rakennushankkeen vaiheissa.

Nykyinen laki on tullut voimaan vuoden 2000 alussa ja siitä lähtien siihen on tehty lukuisia muutoksia. Maankäyttö- ja rakennuslain kokonaisuudistus on meneillään ja uuden lain on tarkoitus valmistua vuoden 2021 loppuun mennessä. Uudessa maankäyttö- ja rakennuslaissa on tarkoitus ottaa paremmin huomioon nykyiset ilmastonmuutoksen tuomat haasteet rakennussektorille. Lain tullaan huomioimaan rakennuksen koko elinkaaren kestävyys, niin suunnittelussa, käytössä kuin rakentamisen aikanakin. Rakennuskannan vähähiilisyys ja materiaalien kierrätettävyys on tarkoitus sisällyttää uuden lain sisältöön. (Ympäristöministeriö 2019.)

4.2 Jätelaki

Jätelain (646/2011) mukaan kunta on velvollinen järjestämään asumisesta syntyvän jätteen. Yrityksien on itse järjestettävä jätehuoltonsa, joka yleensä tarkoittaa sopimusta jonkin jätehuoltoyhtiön kanssa. Mikäli jätteen tuottajalla ei ole saatavissa jätehuoltoyhtiön palveluita tarvitsemansa jätteen kuljettamiseen tai käsittelyyn, on kunnalla toissijainen velvollisuus järjestää jätehuolto ja jos jätteen haltija tätä muun palveluntarjonnan puutteen vuoksi pyytää. Uuden jätelain muutoksesta (445/2018) jätettiin pois markkinapaikkauudistus ja siinä tapahtuvasta kunnan toissijaisen jätehuoltovastuun osoittaminen. Markkinapaikutteen osoittamisesta on säädösprosessi käynnissä ja uuden jätelain muutos (438/2019) tapahtuu näillä näkymillä vuoden 2020 alussa. Markkinapaikkapuuutteen vuoksi on perustettu valtiovallan toimesta Materiaalitori, josta jätteen haltija voi etsiä jätehuoltopalvelun tai muun hyötykäyttökohteen ja jos kohtuullista palvelua ei sieltä löydy voi jätehuoltopalvelua pyytää kunnalta TSV-palveluna. (Materiaalitori 2019.)

4.3 MARA-asetus eli Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa

Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa (843/2017) antaa mahdollisuuden hyödyntää ilman ympäristölupaa eräitä jätteitä kuten tuhkia, kuonia ja betonia, jos ainekset täyttävät erityisehdot ja rakentaminen on suunnitelmallista. Betonia voidaan käyttää väylien, kenttien ja teollisuusalueiden pohjarakenteissa kantavana kerroksena. Lupa näiden aineksien käyttöön voidaan saada, jos rakennuskohteesta on lakisääteinen suunnitelma, lupa, ilmoitus tai perustuu alueellisen rakentamisen määräyksiin esimerkiksi kunnan rakennusjärjestykseen.

Asetuksella on haluttu helpottaa näiden nimettyjen jätteiden hyödyntämistä rakentamisessa ilman aikaa vievää ja ajoittain hankalaa ympäristölupaprosessia. Lupien käsittely on useimmiten vienyt vähintään kolme ja yleisimmin yli puoli vuotta, jolloin aineksien haltijan on ollut useimmin helpointa päästä niistä eroon toimittamalla ne jätteenä käsittelylaitoksille. MARA-asetus antaa tietyt edellytykset jätteen hyödyntämiselle mahdollisesti paikallisilla rakennuskohteissa. Jätteen laadunhallinnan on oltava kunnossa ja tämä osaltaan jo edellyttää, että toimijoiden on oltava alan ammattimaisia yrityksiä, joilla on vaadittavat resurssit toimintaan.

4.4 MASA-asetus

Rakentamisessa tai muussa toiminnassa syntyvän maa-ainesten hyödyntämistä koskeva valtioneuvoston asetus on valmisteluvaiheessa ja annettaneen vuoden 2020 aikana. Myös tämän asetuksen tarkoituksena on edistää hyödyntämään rakentamisen yhteydessä tulleita maa-ainesjätteitä maanrakentamisessa ja sujuvoittaa lupaprosessia. Suurin osa maa-aineksista ovat pilaantumattomia maa-aineksia, joita syntyy kaikenlaisesta rakentamisesta ja asetuksella halutaan edistää näiden aineksien hyötykäyttöä ja toteuttaa kiertotaloutta maanrakennusalalla. (Ympäristöministeriö 2019.)

4.5 Lannoitevalmistelaki

Maanparannusaineeksi soveltuva betoniliete tarvitsee rekisteröidä Ruokaviraston (Entinen Evira) rekisteriin. Betonilietteiden korkean sementtipitoisuuden takia sen pH on 11-12 ja kalkkipitoisesta lietteestä valmistetusta maanparannusainetta voidaan käyttää joissakin kohteissa esimerkiksi vähentämään maan happamuutta. Lannoitevalmistelaki (539/2006) säätelee lannoitevalmisteiden valmistusta, markkinoille saattamista, tuontia ja vientiä. Laki edellyttää kaikilta toimijoilta omavalvonnan järjestämistä ja orgaanisia lannoitevalmisteita valmistavilta laitoksilta laitoshyväksyntää. (Lannoitevalmistelaki 539/2006.)

Betonilietteitä syntyy betonin valmistuksen sivuvirtoina, kun tuotannon ylijäämäbetonia tai laitoksen laitteita ja kuljetuskalustoa pestään. Tuotantolaitoksissa on erilaisia ylijäämäbetonin kierrätyslaitoksia, joissa erotellaan tuoreesta betonista kiviainekset, vesi ja jäljelle jäävä kiinteä sementtinen aines. Käsittely tapahtuu joko käyttämällä selkeytysallasta tai erilaisia suotopuristusmenetelmiä. Parhaiten eri aineksien erottelu toimii ”pesemällä” betoni selkeytysaltaassa niin että kiviaines ja saadaan erilleen ja vesipitoinen sementtimassa ohjataan erityisesti tähän tarkoitukseen valmistettuun laitteeseen puristettavaksi kalvosuodattimen välissä. Eroteltu vesi ja kiviainekset ohjataan tehtaalla useimmiten uudelleen betonin valmistukseen raaka-aineiksi ja jäljelle jäänyt hienojakoinen kiviaineksen ja sementin kuivapasta toimitetaan betonijätteenä käsittelyyn murskattavaksi. Useimmilla tuotantolaitoksilla tämän sementtisen jätteen käsittely muiden betonijätteiden kanssa on ongelmallista sen erilaisen koostumuksen takia. Sen korkean sementtipitoisuuden ja pitkän kuivumisajan takia käsittely voi olla hankalaa. Vaihtoehtona hienojakoisen kuivatun betonilietteen murskaukselle, on sen käyttämistä lannoitekäytössä tutkittu. Betonin valmistajat ovat pystyneet toimittamaan betonilietettä maanparannuskäyttöön esimerkiksi metsälannoitteena sen korkean pH:n takia.

4.6 Paikalliset ohjeet ja määräykset

Tässä kappaleessa käsitellään alueellisia ohjeistuksia, jotka vaikuttavat betoni- ja rakennusalan materiaalien uudelleen käyttöön.

4.6.1 Ympäristönsuojelumääräykset

Useissa kunnissa betonimursketta voidaan hyödyntää maanrakentamisessa edellyttäen, että siitä on tehty ilmoitus kunnan ympäristönsuojeluorganisaatiolle. Usein raja on määritetty ympäristönsuojelumääräyksissä tietylle tasolle. Esimerkiksi Hollolassa määrän jäädessä alle 500 tonnina, sen käsittelee kunnan viranomainen ja tätä suuremmissa määrissä hyödyntämisluvat käsittelee alueellinen Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Hyödyntäminen tarvitsee ympäristöluvan mm silloin kun hyödyntämisalue sijaitsee pohjavesialueilla tai muuten kohde merkittävä tai jätteen käsittely määritellään laitos- tai ammattimaiseksi käsittelyksi.

Kunnan ympäristönsuojelumääräyksissä on kuvattu vähäisen hyödyntämisen edellytykset. Betonijäte ei saa sisältää ympäristölle tai terveydelle haitallisia aineita, eikä aiheuta muutenkaan haittaa tai vaaraa ympäristölle. Materiaali ei saa sisältää betoniteräksiä ja sen tulee olla murskattu tai pulveroitu käyttötarkoitukseen sopivaksi. Sijointipaikka ei saa sijaita

pohjavesialueella eikä 30 metriä lähempänä kotitalouskaivoa. Jätettä sisältävä rakennekerros on peitettävä tai päällystettävä puhtaalla maa-aineksella. Betonijätteen sijoittamiselle on lisäksi oltava kiinteistön omistajan ja haltijan hyväksyntä. (Hollolan kunta 2019.)

4.6.2 Betonimurskeohje Lahden ja Hollolan alueelle

Lahden seudulle (Lahden kaupunki ja Hollolan kunta) on valmistunut vuonna 2018 ohje betonimurskeen käytölle infrarakentamisessa. Ohjeen tarkoituksena on helpottaa betonimurskeen hyötykäyttöä kaupungin omalla alueella tapahtuvissa infrarakennuskohteissa. Ohje on avuksi rakennuttajille, suunnittelijoille ja alan teollisuudelle, jotka tuottavat betonia kierrätyskiviaineksia. Ohjeen puuttuminen on aikaisemmin vaikeuttanut rakentajia valitsemasta korvaavia rakennusmateriaaleja neitseellisille kiviaineksille ja kiviaineksia valmistavia yrityksiä markkinoimasta niitä alueen maanrakennuskohteisiin.

Tuoreeseen ohjeeseen on kirjattu, millä laatuluokituksella betonit voidaan hyödyntää kierrätyskiviaineksina maanrakentamisen erilaisissa kohteissa. Betonin valmistuksessa syntyvät ja rakennus- ja purkutyömailla syntyvät betonijätteet luokitella laatuluokkiin BeM I-BeM IV niiden ominaisuuksien mukaan. Laatuluokituksen mukaisesti tuotettuja betonikierrätyskiviaineksia voidaan sen jälkeen markkinoida sopiviin kohteisiin ja näin tuottaja voi todeta tuotteen laadun kohteeseen sopivaksi valmistamalla sen laatuvaatimusten mukaisesti. Betonijätteen tuottajan laadunvarmistuksella voidaan varmistaa se, että tilaaja saa sopivaa ja tasalaatuista kierrätyskiviainesta rakennuskohteeseensa ja voi mahdollisesti vaatia laadunhallintadokumentit tuottajalta varmistaa sen soveltuvuuden. Usein tasalaatuisten kiviaineksen saatavuus on merkittävä hankintakriteeri rakennuskohteen hankinnoista päätettäessä. (Lehtonen 2018.)

5 YHTEISTYÖVERKOSTO

5.1 Päijät-Hämeen sisäinen yhteistyö

Alueen yritysten on huomattu kaipaavan yhteistyön lisäämistä keskenään. Vaikka alan toimijat ovat toistensa kovia kilpailijoita, on keskinäisen yhteistyön kehittäminen pienellä alueella useimpien eduksi pitimmällä aikajaksolla. Yhteisten käsittelylaitosten pyörittäminen ei varmaankaan toteudu, vaan ratkaisua täytyy hakea yhteistyökumppanien kautta, jotka toimivat tasavertaisesti kaikkien toimialan yritysten kanssa.

5.2 Hulevesikaivantojen koekohteet.

Käynnissä on alueellisia hulevesien suodatuskokeita, joissa on testattu eri materiaalien soveltuvuutta ravinteiden pidättämiseen. Betoni ja kevytsora ovat olleet näissä yhtenä koemateriaalina. Lahden Ranta-Kartanon hulevesien käsittelypainanteissa on käytetty mm. kevytsorabetonimursketta, jotta nähdään sen toimivuus ravinteiden pidättäjänä ja vesien suojelullisena materiaalina. (Lahden kaupunki 2019.)

5.2.1 Viherkattorakenteiden kasvualusta kierrätyskiviaineksista

Ilmastonmuutos ja jatkossa lisääntyvät suuret rankkasateet aiheuttavat kaupunkitulvia, joiden ratkaisemiseksi on etsitty keinoja kaupunkialueiden viheralaa kasvattamalla. Koska asfaltoidut ja kivettyt kaupunkialueet ovat vaikeasti muutettavissa tarpeeksi suuriksi viheralueiksi, on viherkattojen perustaminen varteenotettava vaihtoehto hulevesiongelman ratkaisemiseksi. Helsingin yliopiston tekemien viherkattokokeiden on todettu vähentävän rakennetun kaupunkiympäristön hulevesikertymää ja kasvualustavalinnoilla on vaikutusta myös ravinteiden pidättäytymiseen ja huuhtoutumiseen huleveden mukana. (Viides ulottuvuus 2019.)

Uusissa rakennusten rakennesuunnitelmissa katon kantavuus on helpompaa jo ottaa huomioon ja perustaa sinne viherkatto. Vanhoissa rakennuksissa kattokuorman lisääminen viherkatoilla ei ole niin yksinkertaista, täytyy siinä tapauksessa materiaalien valintaan kiinnittää erityistä huomiota ja valita mahdollisimman keveitä materiaaleja ja lajeja, jotka menestyvät niissä materiaaleissa ja katon joskus paahtavissakin olosuhteissa. Kevyemmät ja ohuemmat viherkattomateriaalit täytyy valita katon kantavuuden mukaan. Useat kasvukerrokset voivat tarvita kevennysaineita ilman että se vaikuttaa kasvien menestymiseen. Teollisuuden sivuvirroista kevytsorabetonia tai vaahtolasia on käytetty keventämään kattojen kuormaa perustettaessa viherkattoja. (Saarinen 2016.)

Viherkattojen käyttämistä kaupunkien hulevesien ratkaisemiseksi ei ole niiden ainut hyöty. Viherkattojen hiilensitomiskyky on myös riippuvainen siellä olevista kasveista ja käytetyistä materiaaleista. Kierrätysmateriaalien käytöllä kasvualustassa ja rakenteissa voi olla vaikutusta viherkattojen potentiaaliseen hiilensidontakykyyn.



Kuva 1. Viherkaton hulevesien pidättymiskykyä on tutkittu Rakennusbetoni- ja Elementti Oy:n ja Helsingin yliopiston tekemissä koeviherkattokokeissa vuodesta 2013 alkaen. (Rakennusbetoni- ja Elementti Oy)

6 RAKENNUSTUOTTEIDEN YMPÄRISTÖMINAISUUDET

6.1 Rakennushankkeen tavoiteasettelu

Rakennustyömaalla käsitellään käynnissä olevan projektin aikana monenlaisia rakennusmateriaaleja ja siellä syntyy useita jätelajikkeita, joiden käsittely ja varastointi vaatii aina suunnittelua. Tehdasvalmisteinen rakentaminen tuottaa samanlaista rakennusjätettä kuin työmaaolosuhteissakin, mutta niiden sijoittelu ja lajittelun toteuttaminen voidaan tehdä osaksi teollista prosessia ja työpaikan rutiinia valmistajille. Materiaalien hankinta ja jätehuolto kuuluu yhtenä palasena elementtivalmistuksen osaprosessiin.

Rakennushankkeissa rakennuttaja on määritellyt tavoitteet, joilla rakennus on tarkoitus rakentaa. Näitä ovat aikataulullisten ja taloudellisten tavoitteiden lisäksi hankkeen ympäristöominaisuuksiin ja vähähiilisyteen liittyvät tavoitteet. Varsinkin julkisissa rakennushankkeissa näitä vähähiilisiä rakentamistapoja tullaan jatkossa edellyttämään lainsäädännöllisin toimenpitein. Ympäristöministeriön ohjeistukset vähähiiliselle rakentamiselle ja hankintakriteerien määrittely antaa suuntauksen, kuinka lähitulevaisuuden rakentaminen ottaa huomioon rakentamisen suunnitteluvaiheen ja rakennustarvikkeiden osuuden. Suunnittelupalveluiden, materiaalihankintojen ja lopullisen rakennusurakan kokonaisuus vaikuttaa rakennuksen vähähiilisyteen. Näiden osa-alueiden sisällä rakennushankkeen valmistuksen ympäristöominaisuuksiin vaikuttaa energiankäyttö, materiaalit ja innovaatiot. Materiaalien osalta hankintojen suunnittelussa on suuri merkitys rakennuksen hiilijalanjäljen suuruuteen. (Kuittinen & le Roux 2017.)

6.1.1 Rakentamisen aikaiset ympäristövaikutukset

Suomi on tehnyt osana ilmastopolitiikkaa päätöksen siirtymisessä vähähiiliseen rakentamiseen. Ympäristöministeriö teki vuonna 2017 vähähiilisen rakentamisen tiekartan, jossa esitettiin rakentamista koskevat hiilijalanjäljen pienentämistoimenpiteet. Suomen tarkentuneet poliittiset tavoitteet seuraaville vuosikymmenille ovat seuraavat: Suomi on johtava kiertotalousmaa 2025, hiilineutraali vuonna 2035 ja hiilinegatiivinen 2040-luvulla. (Rinteen hallituksen hallitusohjelma 2019). Rakennusteollisuus on päättänyt laatia oman tiekartan vähähiiliseen rakentamiseen, jonka ensimmäiset askeleet tapahtuvat nopeasti. Ensimmäisiä tuloksia on tarkoitus jo julkaista vuoden 2020 aikana siitä, miten ala ottaa vastuun rakentamisen vaikutuksista ilmastomuutokseen. (Rakennusteollisuus Ry 2019.)

Suomen pohjoisista olosuhteista johtuen, maamme kaikesta hiilijalanjäljestä yli kolmannes on rakennuksista ja rakentamisesta tapahtuvaa. Koska rakennusten käytönaikaisista

päästöistä 65 % aiheutuu energiankulutuksesta, on energiatehokkuuteen kiinnitetty huomioita lakimuutoksilla ja erilaisilla rakennustapaohjeilla. Energiatehokkuuden parannuttua, tullaan seuraavaksi kiinnittämään huomiota muihin seikkoihin, mitkä koskevat ennen rakennuksen käyttöönottoa eli tuotantoketjun koko laajuutta raaka-aineiden alkuperästä rakennustarvikkeiden valmistukseen. Osaltaan myös rakennuksen elinkaaren päättymisen jälkeinen käyttö tulee tarkastelun alle. Rakennuksen ja rakennusosien kierrättäminen on myös osa rakennuksen ympäristöominaisuuksien arviointia.

Suuri osa rakennusmateriaalien ja tuotteiden aiheuttamista päästöistä syntyy pääasiassa valmistusvaiheessa. Rakennusten elinkaarta on arvioitu lähinnä vapaaehtoisilla ympäristöarvioinneilla. Näitä arviointimenetelmiä ovat esimerkiksi kansainväliset ja kaupalliset ympäristösertifiointijärjestelmät LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) ja BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) sekä pohjoismainen Joutsenmerkki. Näiden järjestelmien puutteena on, että niiden keskinäiset vertailtavuudet voivat olla hankalasti todettavissa eri maiden järjestelmien ja laskentatapojen perusteella. Eri maat voivat käyttää omia kansallisia ympäristötietokantoja. (Tiekartta rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen huomioimiseksi rakentamisen ohjauksessa 2017.)

6.1.2 Hiilijalanjälki

Hiilijalanjälki on tullut viime aikoina monelle tutuksi käsitteeksi eri alojen ja ihmisen toimintojen ympäristövaikutuksia kuvaavana terminä. Hiilijalanjälki on koko elinkaaren aikana syntyvien päästöjen määrä, jota mitataan eri kasvihuonekaasujen ilmastoa lämmittävällä kokonaisvaikutuksella, mikä on muunnettu hiilidioksidin vaikutusta vastaavalle tasolle eli hiilidioksidiekvivalenteiksi CO₂e. Yksikkö huomioi myös muut kasvihuonekaasupäästöt kuin pelkästään hiilidioksidin. Jokaisella kasvihuonekaasulla on oma kerroin, jolla kuvataan kyseisen kaasun ilmastovaikutuksen merkittävyyttä. Yksinkertaistetusti selitettynä tämä GWP-kerroin (Global Warming Potential) on hiilidioksidilla 1 ja esimerkiksi metaanilla se on 21 kertainen hiilidioksidin verrattuna. Kasvihuonekaasut ovat ilmastomuutokseen vaikuttavia osin luonnollisia ja myös ihmisen toiminnasta johtuvia aineita. Vaikuttavimpia kasvihuoneilmiötä aiheuttavia luonnollisia kaasuja ovat vesihöyry (H₂O), hiilidioksidi (CO₂), metaani (CH₄), dityppioksidi (N₂O) ja otsoni (O₃). (Suomen ympäristökeskus 2018.) Lähinnä ihmisen toiminnasta syntyvät fluoratut kaasut kuten fluorihilivedyt (HFC), perfluorihilivedyt (PFC), rikkiheksafluoridi (SF₆) ja typpitrifluoridi (NF₃) ovat myös haitallisia ilmastolle ja niiden käyttöä tullaan vähentämään erilaisilla rajoituksilla. EU F-kaasuasetus rajoittaa HFC-yhdisteiden määrää huomattavasti koko EU:n alueella vuoteen 2030 mennessä. (EU:n asetus N:o 517/2014.)

Vähähiiliset rakennusmateriaalit tulisi tunnistaa ja siksi hiilijalanjäljen laskenta tulee sisällyttää hankintaprosessiin, kun halutaan toteuttaa kokonaisarviota rakennushankkeen ympäristövaikutuksista. Rakennustarvikkeita valittaessa tulee valita vähintään 10 % uusiutuvia tai kierrätettyjä materiaaleja ja joilla on pitkä takuu-aika. Vähähiilisyysnäitä tähtäävät innovaatiot tuotteissa ja käytönaikaisissa ratkaisuissa myös ovat keskeisessä osassa hankintojen kriteerejä. (Ympäristöopas 2017.)

6.1.3 Hiilikädenjälki

Toinen käsite jota usein käytetään rakennetun ympäristön ympäristöominaisuuksia määriteltäessä on hiilikädenjälki. Kun hiilijalanjälki kuvaa toiminnan kielteisiä ympäristövaikutuksia, hiilikädenjälki kertoo toiminnan ilmastohyötyjä. Kiertotalouden mukanaan tuomat uudet ratkaisut, innovaatiot, palvelut tai tuotteet, joilla on positiivisia ympäristövaikutuksia, tuottavat hiilikädenjälkeä toiminnalleen tai asiakkaalleen. Esimerkkinä rakennusalalta ovat energiaa säästävät keksinnöt tai tuotteen kierrätettävyys käytön jälkeen toisen rakennuksen materiaalina tuottavat hiilikädenjälkeä.

6.1.4 Elinkaariarviointi

Rakennuskohteen hiilijalanjäljen selvittäminen tapahtuu elinkaariarvioinnin avulla. Siinä arvioidaan tuotteiden ympäristövaikutuksia ja luonnonvarojen kulutusta laskennallisesti perusteellisesti sitä varten rakennetuilla laskentatyökalujen ja laskentaohjelmien avulla. Rakennusalalla tehtävät elinkaariarvioinnit kiinnittävät huomion koko rakennuksen elinkaaren aikaisiin ympäristövaikutuksiin. Rakennuttaja voi elinkaaritarkastelulla arvioida millä osa-alueella on suurin ympäristövaikutus rakennuksen hiilijalanjälkeen ja siten valita vähäpäästöinen rakennustapa tai vaikuttaa rakennusmateriaalien valintaan jo suunnitteluvaiheessa.

Rakennuksen koko elinkaaren aikaiset ympäristövaikutukset koostuvat tuotteen valmistuksesta, rakennusvaiheesta, rakennuksen käytöstä ja korjauksesta sekä elinkaaren lopussa tapahtuvasta loppukäytöstä. Lisäksi elinkaariarvioinnissa voidaan selvittää muut ulkopuoliset vaikutukset, joilla ei ole kyseiseen rakennushankkeeseen vaikutuksia. Näitä voivat olla kohteessa käytetyt kierrätettävät tai uudelleen käytettävät rakennusmateriaalit tai muita hyötyjä, esimerkiksi energian talteenoton innovaatiot ja muita menetelmiä, jotka voivat pienentää seuraavan rakennuksen valmistuksen hiilijalanjälkeä. Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset arvioidaan ja ilmoitetaan kohteen erillisissä lisätiedoissa. (Kuittinen 2019.)

Rakennuksen elinkaaren vaiheet standardin EN 15978 mukaan. Moduulit ja niiden sisältö:

A1-3 Tuotevaihe: Raaka-aineen hankinta, kuljetus valmistukseen ja tuotteen valmistus

A4-5 Rakentaminen: Kuljetus työmaalle ja työmaatoiminnot

B Käyttövaihe: Tuotteen käyttö rakennuksessa, kunnossapito, korjaukset, osien vaihto, laajamittaiset korjaukset, energian ja veden käyttö

C Elinkaaren loppu: Purkaminen, kuljetus jatkokäsittelyyn, purkujätteen käsittely ja purkujätteen loppusijoitus

D Lisätiedot: Rakennuksen elinkaaren ulkopuolelle jäävät hyödyt tai haitat

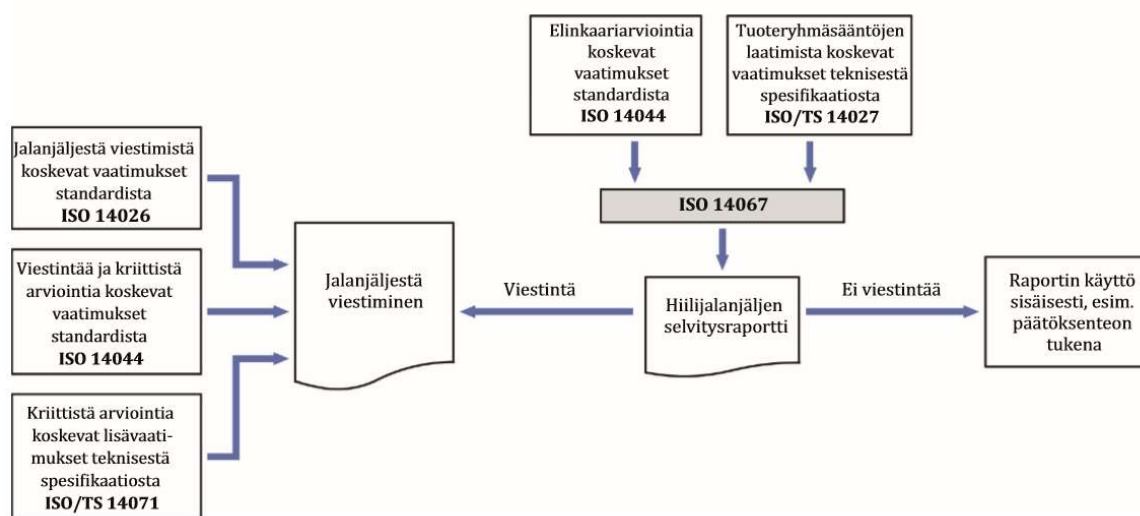
6.2 Vähähiilisen rakentamisen ohjauskeinot

Elinkaaritarkastelun tarve on tulevaisuuden rakentamisessa tulossa pakolliseksi. Siirtyminen vähähiilliseen rakentamiseen tapahtuu vaiheittain ja sen käytännön toteutuminen tarvitsee käytäntöön työkaluja ja ohjeita. Ohjausta hallinnoiva ympäristöministeriö asettanut kolmivaiheisen siirtymisen ohjauskeinojen käyttöönottoon. Tällä hetkellä ollaan ensimmäisessä vaiheen lopussa, jossa on rakennettu menetelmät ja työkalut testaukseen sekä luotu päästötietokanta laskelmien pohjaksi. Hiilijalanjäljen laskentamenetelmälle on valmistunut työkalu, jota on päästy testaamaan todellisissa rakennus- tai saneerauskohteissa. Toinen vaihe on alkanut vuonna 2019 ja sen aikana laaditaan ohjausjärjestelmä. Siinä keskitytään säädösohjauksen ja mahdollisten kannusteiden valmisteluun ja kuinka ohjausjärjestelmä kytketään kaavoitukseen ja energiaohjaukseen. Pilottihankkeiden laajentaminen ja rakennusten päästötietojen seurannan ja tilastoinnin valmistelu tulee myös vaiheessa käsiteltäväksi. Kolmas vaihe on tarkoitus toteuttaa vuoteen 2025 mennessä. Tässä ohjausvaiheessa tullaan ottamaan käyttöön mahdollinen rakennusten päästötietojen ilmoitusvelvollisuus ja rakennuskannan päästötietojen seurantajärjestelmä. Ympäristöministeriön suunnitelmissa on, että vähähiilisen rakentamisen kriteeristö otetaan koekäyttöön vaiheittain ja koskisi aluksi julkisia rakennushankkeita. (Ympäristöministeriö 2019.)

6.3 Hiilijalanjäljen laskentamenetelmä

Hiilijalanjäljen laskenta ja raportointi perustuu menetelmäohjeistukseen, jonka periaatteet ovat kuvattu standardisarjassa ISO 14060. Standardien vaatimuksissa ja ohjeistuksilla saadaan tehtyä kasviuonekaasujen laskelmat, seuranta, raportointi ja todentaminen luotettavasti ja vertailukelpoisesti. Standardi kuuluu osaksi elinkaarilaskennan standardikoelmaa, jotka ovat kuvattu kuviossa 1. Laskelmilla voidaan todentaa koko tuotteen elin-

kaari ns. kehdestä hautaan (Cradle to grave). Standardin ISO 14067:2018 mukaisen tuotteen hiilijalkaselvityksen tulee kattaa elinkaariarvioinnin kaikki neljä vaihetta, eli tavoitteiden ja soveltamisalojen määrittelyn, elinkaari-inventaarioanalyysin, vaikutusarvioinnin ja tulosten tulkinnan. Standardin mukaan: ”Hiilijalanjälki voidaan laskea osittaisista hiilijalanjäljistä, kunhan ne on laskettu saman menetelmän mukaisesti samana ajanjaksona eikä niissä ole aukkoja tai päällekkäisyyksiä”. Tämän perusteella on rakennusalaalla käytetty osittaisen hiilijalanjäljen mahdollisuutta aineelle tai valmistamiselle, irtotavaralle, palvelulle tai kootulle järjestelmälle. (ISO 14076:2018.)



KUVIO 1. Tuotteen hiilijalanjäljen laskennan ja kasvihuonekaasustandardien yhteydet. (SFS-EN ISO 14067)


6.4 Laskentatyökalun käyttö

Ympäristöministeriö on julkaissut työkalun rakennuksen vähähiilisyden arviointiin. Se on kokeiluversiona saatavissa ja testattavissa sitä käyttävillä syksystä 2019 alkaen. Sitä voidaan käyttää testausjakson aikana uudisrakentamisessa ja laajamittaisissa korjausrakentamisessa hiilijalanjäljen ja hiilikädenjäljen arviointiin. Työkalua päivitetään saatujen kokeuksien perusteella ja siitä on tarkoitus tehdä rakennuttajille, suunnittelijoille ja rakennustuotteiden valmistajille käyttökelpoinen apuväline ympäristövaikutusten arviointiin, kun rakentamisessa mennään kohti vähähiilistä rakentamista. Ympäristöministeriö on kehittämässä päästötietokantaa laskentaa tekeville, koska erilaisten rakennuksien ympäristövaikutuksia olisi pystyttävä vertailemaan keskenään ja jatkossa tuottamaan yhtenäistä tietoa. Rakennustuotteiden ja materiaalien päästötiedoilla pystytään tekemään laskentaa sopivan laskuohjelman kanssa, jolloin rakennustuotteen tai -kohteen ympäristövaikutuksista saa-

daan lisää tietoa, esimerkiksi jo rakennuksen suunnitteluvaiheessa ja päästään vertailemaan eri materiaaleja ja niiden vaikutuksia hankkeen eri vaiheissa tai koko elinkaaren ajalta.

Tällä hetkellä testausvaiheessa olevassa laskentatyökalussa on ohjeavot eri rakennusmateriaaleille, joilla pystytään testaamaan työkalun käyttöä. Päästötietokannan kehitys on käynnissä ja vuoden 2020 aikana tulee testiversio kansallisesta päästötietokannasta käyttöön. Julkaistavaa tietokantaa tarkennetaan käytön aikana saadun käyttökokemuksen mukaan, jotta todellista laskentaa voidaan tehdä jo hyvissä ajoin ennen kuin tarkemmat velvoitteet rakennusten päästöjen laskemiseen tulee käytäntöön. Tällä hetkellä kokeilussa käytetään VTT:n olemassa olevaa taulukkoa rakennustuotteiden päästötiedoille, josta ote kuvattuna taulukossa 2 ja kokonaisuudessaan tämän työn liitteenä. Hiilijalanjalan laskennan tulee perustua ensisijaisesti rakennustuotteiden ympäristöselosteiden tietoihin, jotka on tehty eurooppalaiseen rakennustuotteiden EN 15804 standardin mukaisesti ja vasta toissijaisesti yleisiin päästötietokantoihin. Jos halutaan vertailla eri rakennustuotteita ja vaihtoehtoja, on laskennassa käytettävä samaa tietokantaa ja rajausta. (Kuittinen 2019.)

TAULUKKO 2. Päästötaulukon arvoilla voidaan saada selville eri materiaalien hiilijalanjälki.

Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu				
Luonnos hiilijalanjäljen arvioinnin testausta varten 2.9.2019				
Materiaalien päästötiedot				
© VTT 2018. Testausvaiheen geneerinen päästötaulukko perustuu VTT:n eri lähteistä kokoamiin ja arvioimiin tuloksiin. Arvot on koottu siten, että ne kattavat elinkaaren vaiheet A1 - A5 (vaiheessa A5 vain arvioidun hukan osalta). Taulukkoa on viime vaiheessa päivitetty muutamilla hyvin karkeasti arvioiduilla tarkistamattomilla arvoilla. VTT:llä on yksinomainen omistus- ja tekijänoikeus kokonaistaulukkoon. Taulukkoa saa käyttää testaamiseen eikä sitä saa muuttaa, käyttää eikä luovuttaa käytettäväksi muuhun tarkoitukseen ilman VTT:n nimenomaista suostumusta.				
Taulukko on tarkoitettu vain menetelmän testausvaiheeseen eikä VTT ota vastuuta siihen sisältyvien tietojen oikeellisuudesta.				
Materiaalit	Hiilijalanjälki	Hiilikädenjälki	Yksikkö	Vaihtoväli (a)
Pesuallas, RST	4,758		kgCO2e/kg	50
WC-istuin, keraaminen	1,648		kgCO2e/kg	50
Lattiakaivo, muovi	1,668		kgCO2e/kg	50
Lattiakaivo, RST teräs	4,758		kgCO2e/kg	50
Vesihana, komposiitti	2,899		kgCO2e/kg	20
Suihku ja letku komposiitti	3,674		kgCO2e/kg	20
Lautasventtiili, teräs	2,757		kgCO2e/kg	20
Putki, ilmastointi	2,750		kgCO2e/kg	40
Säleikkö, tuloilma	2,338		kgCO2e/kg	40
Säleikkö, ulko	2,338		kgCO2e/kg	40
SÄHKÖOSAT				
Sisäkaapeli	2,100		kgCO2e/kg	25
Parikaapeli	3,810		kgCO2e/kg	25
Antennikaapeli	2,050		kgCO2e/kg	25
Asennusjohto	2,210		kgCO2e/kg	25
Ohjauskaapeli	2,310		kgCO2e/kg	25
Voimakaapeli	2,210		kgCO2e/kg	25
Pistorasia	2,028		kgCO2e/kg	25
Valaisinpistorasia	2,028		kgCO2e/kg	25
Jakorasia	2,028		kgCO2e/kg	25

7 TEHDASVALMISTEINEN TILAELEMENTTI

7.1 Esimerkkikohteen kuvaus

Perinteisessä asuntorakentamisessa eri vaiheet valmistuvat rakennustyömaalla tietyssä järjestyksessä tai kun rakentaminen on edennyt runkovaiheeseen eri toimijoiden kanssa yhtä aikaa. Betonielementtitehtaalla on jo jonkin aikaa kehitetty tuttua elementtirakentamistapaa myös muihin työmaille toimitettaviin vaiheisiin. Yksi tapa vähentää asuinrakennuskohteessa tapahtuvaa paikalla rakentamista on tuoda elementtirakentamisen tavat ja käytännöt myös kylpyhuoneiden kokoamiseen. Kylpyhuonemuoduli valmistetaan tehdasolosuhteissa valmiiksi ja toimitetaan asuinrakennuskohteeseen samalla lailla kuin muutkin elementit. Rakennuskohteessa jää tehtäväksi valmiin elementtikylpyhuoneen asentaminen paikoilleen ja tarvittavien LVIS-varusteiden liittäminen rakennuksen järjestelmään.

Tämänkaltaisella rakennustavalla pystytään valmistamaan useita samanlaisia tilaelementtejä tasaisissa olosuhteissa ja monistamaan työvaiheet tehokkaiksi niin työskentelytapojen kuin materiaalienkin osalta. Rakennustapa sopii hyvin kohteisiin, joissa kylpyhuoneet halutaan varustaa samanlaisilla materiaaleilla. Käyttökohteina ovat asuintalot, hotellit ja erilaiset palveluasumisen kohteet. Haluttaessa voidaan tehdä yksilöllisiä kylpyhuoneen sisustusratkaisuja, mutta se tulee ottaa huomioon jo hyvissä ajoin kohteen suunnittelussa. Tehdasvalmisteinen rakentaminen vähentää rakennuskohteessa tehtävää työtä, jossa usein vaaditaan kovan tilan rakentamisen erityisiä olosuhteita ja osaavia tekijöitä.

Elementtivalmistajana on pitkäaikainen päijäthämäläinen rakennustuotealan erikoistuotteisiin ja betonin valmistamiseen erikoistunut yritys Rakennusbetoni- ja Elementti Oy, joka toimittaa valmistamia tuotteita koko Suomen ja myös pohjoismaiden markkinoille. Yhdessä suunnittelu-, kuljetus- ja asennusverkoston kanssa yritys tekee asiakaslähtöisiä rakennustuotteita, joilla se voi kilpailla rakennusalan tiukentuneilla markkinoilla. Yrityksen tärkeänä palvelukeinona asiakkaalle on toimittaa elementit, niin että asiakas saa yhdeltä toimijalta koko toimitusketjun elementtisuunnittelusta toimitukseen työmaalle.

Elementtikylpyhuoneen suunnittelu ja tuotantoprosessi koostuu saumattomasta yhteistyöstä eri rakentamisen ammattilaisten kesken. Mitä aikaisemmin tiedetään suunnittelukohteen erityisvaatimukset, sitä sujuvammin suunnittelu etenee ja osataan varata oikeat varusteet ja aikataulu toteutukselle. Suunnitteluorganisaatioon kuuluu tehtaan tuotantoprosessiin kuuluvat rakennustekniset asiantuntijat ja esteettömyyteen erikoistuneet suunnittelijat ja arkkitehdit, joiden yhteistyöllä rakennusurakasta tehdään mahdollisimman sujuva asiakkaalle.

Elementtisuunnittelu, valmistaminen ja toimitus kuuluvat tehtaan toimitusurakkaan ja asiakkaalle jää tyypillisesti vain asennus ja rakennuskohteen sijainnin valmistaminen sellaiseksi, että elementit voidaan nostaa työmaalla paikalleen. Rakentamisen aikataulu voidaan toteuttaa ensimmäisestä suunnittelutapaamisesta kohteen luovutukseen jopa kahdessa kuukaudessa.

7.1.1 Suunnittelu- ja tuotantoprosessi

Tilaaajan ja elementtivalmistajan neuvotteluiden jälkeen tuotannon suunnittelu alkaa yhteisten tavoitteiden ja toimitussisällön suunnittelulla. Parhaimmillaan tilaaja voi saada elementit kahdessa kuukaudessa tilauksesta rakennuskohteeseensa.

Elementtiprosessin vaiheet kaupanteosta luovutukseen:

1. Kohteen suunnittelija- ja rakennuttajatapaaminen.
2. Kokonaistarjouksen tekeminen.
3. Suunnittelu- ja rakennuslupakuvat.
4. Mallielementtikatselmus
5. Tuotannon käynnistys.
6. Toimitukset työmaalle alkaa.
7. Huoltokirjat.

7.1.2 Toimitus tilaaajan kohteeseen

Tehdasvalmistetut elementit valmistetaan täysin varusteltuina tehtaalla, jossa ne valmistellaan toimitusta varten. Valmistuttuaan elementti siistitään rakentamisen aikaisista pölyistä ja liasta. Tämän jälkeen sen oviaukko peitetään ja koko elementti suojataan muovikalvolla kuljetuksen aikaisen likaantumisen ja kastumisen estämiseksi. Suojatut elementit nostetaan ajoneuvoyhdistelmän lavalle ja sidotaan kuljetusta varten. Ajoneuvot kuljettavat elementit rakennustyökohteeseen aikataulusuunnitelman mukaisesti, niin että elementti-asentajat pääsevät ne asentamaan sujuvasti oikeaan kerrokseen kohteen aikataulua noudattaen. Elementtitoimituksen sovittaminen rakennustyömaan aikatauluihin täytyy olla suunniteltu kaikkien rakennusvaiheiden kanssa huolellisesti.



KUVA 2. Elementit valmiina toimitukseen työmaalle. (Rakennusbetoni- ja Elementti Oy)

7.2 Materiaalivirrat

Teräsbetonirakenteinen elementtikylpyhuone on tilaelementti, joka koostuu rungosta, betonilaattalattiaista, seinistä, katosta, vesieristeitä ja tasoitteesta sekä pintamateriaaleista ja varusteista. Elementtivalmistaja vastaa betonirungon ja lämpö-, vesi-, sähköjohtojen, viemäröinnin, ilmanvaihdon asennuksista sekä muiden osien sekä vesieristeiden tekemisestä vaatimusten mukaisesti ja asentaa tilaajan toiveiden mukaan valitut pintamateriaalit ja vesikalusteet.

Betoninen runko valmistetaan tehtaalla erityisesti tilaelementtejä varten valmistavalla muotilla, jossa seinän rakenteisiin laitetaan rakenneteräkset, kaapelointiputkitukset ja muut tilaukseen kuuluvat varaukset. Seinän paksuus on normaalisti 60 mm. Tehtaalla seinät vesieristetään, laatoitetaan ja saumataan. Tilaajan haluamat vesikalusteet asennetaan paikalleen. Betoni valmistetaan elementtitehtaan omalla betoniasemalla, josta haluttu betonilaatu toimitetaan betoninkuljetuskalustolla muottiin valettavaksi. Tarvittavat materiaalit tilataan tehtaalle suunnitelmissa olevien määräluetteloiden mukaisesti. Varastossa on yleisesti kuluvia tarvikkeita ja asennusmateriaaleja, mutta kohdekohtaiset tarvikkeet kuten laatat, vesikalusteet, valaisimet ja katon pintamateriaalit tulevat suunnittelijan tilaamana hyvissä ajoin tehtaalle.

Lattialaatta on myös teräsbetonista valettu, johon sijoitetaan viemäriputket, lattiakaivot, lattialämmityksen kaapelit tai putkitukset. Lattiaan tehdään valun yhteydessä oikea kallisutus viemäröinnin toiminnan takaamiseksi. Lattia pinnoitetaan tilaajan haluamalla lattialaattalla, jotka saumataan saumalaastilla. Viemäriputket ja yhteydet ovat polypropeenaa (PP) ja vesikiertoisen lattianlämmityspotket ovat ristisilloitettua polyeteeniä (PEX). Vesikiertoinen lattialämmityspotken asennus tarvitsee myös liittimiä ja kiinnikkeitä putkien sidontaan raudoitusverkkoon betonivalua varten.



17 mm ja 20 mm putki betonirakenteessa.

KUVIO 2. Betonilattian rakenne ja vesikiertoisen lattianlämmitysputkiston sijainti. (Uponor Suomi Oy)

Kattolaatta valetaan teräsbetonista, johon jätetään tilat läpiviennille ja muille tarvittaville varusteille. Sisäkatto maalataan kosteuden kestäväällä maalilla ja sisätöiden yhteydessä pinnoitetaan yleensä tilaaman haluamalla paneeliverhouksella. Kattoon asennetaan valaisimet toimitussopimuksen mukaisesti.

7.3 Materiaalimäärät ja ympäristöominaisuudet

Rakennustuotteen ympäristöominaisuuksien selvittämiseksi on tiedettävä materiaalit ja niiden ominaisuudet. Tilaelementin valmistuksessa käytettävät materiaalit saadaan luetteloida eri tuotantovaiheiden prosesseista. Tuotannossa eri vaiheiksi voidaan jaotella kuusi erilaista työvaihetta: Seinä- ja kattoelementtityö, lattiaalatan teko, LVI-työt, sisäpintojen eli vesieristyksen ja laatoituksen teko, sähköasennustyöt ja kalusteiden asennus. Jokaisessa työvaiheessa on erilaisia varusteita, joita elementin tekijä joutuu asentamaan suunnitelma-kuvien mukaisesti.

Tässä työssä tarkastellaan yhden kylpyhuone-elementin materiaaleja ja tarvikkeita, jotta saadaan malli kyseisen tuotteen materiaalien määrän ja ominaisuuksien selvittämiseksi ja tulevaisuudessa pystytään laskemaan mahdollisimman tarkka tuotteen hiilijalanjälki. Työn tavoitteena on antaa tärkeää tietoa materiaaleista ja laskentamenetelmistä, jota tulevissa vähäpäästöisen rakentamisen vaatimuksissa tullaan vaatimaan rakennustuotteilta. Samalla saadaan kuvattua valmistusprosessin materiaalien käyttöä ja mahdollista tuotannon hukkaa jätevirtojen arvioinnin kautta.

7.3.1 Esimerkkikohde

Materiaaliselvityksen kohteeksi valittiin tyypillinen tuotannossa oleva keskisuuri kylpyhuone-elementti. Kohteen pinta-ala on noin seitsemän neliometriä ja edustaa tyypillistä asuntorakentamisen kylpyhuonekokoa. Tilaan mahtuu hyvin suihkun ja vesikalusteiden lisäksi pyykinpesu/kuivauskonelaitteet. Kylpyhuoneen mitat ovat (leveys/pituus/korkeus) 2030x3500x2500 mm.

7.3.2 Materiaalien luettelointi

Materiaalien luettelointi alkaa tutustumalla elementtikohteesta saatavaan suunnitteluaineistoon, joita ovat arkkitehdin laatimat havainnekuvat, sähkösuunnitelma- ja LVI-kuvat sekä tiedot toimitussisällöstä. Rakennuskuvista ja toimituksen sopimussisällöstä saadaan kokonaiskuva kohteen varusteista. Kylpyhuoneen elementteihin menevissä tarvikkeissa ei ole suurta eroa tilausten välillä, sillä asiakas voi halutessaan vaikuttaa lähinnä vain näkyviin pintamateriaaleihin ja vesikalusteiden kokoonpanoon.

Elementteihin menevän raudotteiden määrä arvioidaan betonivalun koon mukaan. Seinän, lattian ja katon alan mukaan saatiin raudoitusverkon menekki, joka olisi sama kuin betonisten seinien neliömäärä vähennettynä oviaukko ja katon huoltoluukku. Aukkojen osuus oli verraten pieni eli 2,3 m² koko betonipintojen pinta-alasta 35 m². Lisäksi laskettiin lattialaatan harjaterästankojen määrä, joka lisättiin betoniraudotteiden määrään. Betoniteräksien kilomäärä saatiin kertomalla metrimäärä kyseisen raudan paksuuden mukaisilla betoniteräksen standardipainoilla, jotta saadaan tarkka kilomäärä kulutetusta teräksestä. Raudoitusverkon painot saatiin valmistajan ilmoittamista kilomääristä ja muuttamalla se elementissä kulutettuihin määriin. Määrät on luetteloitu taulukossa 3.

Elementtiin menevän betonin määrä on mahdollista saada tarkasti kulutetun betonivalun tilavuuden mukaan. Elementtiin sijoitettavien varusteiden (putket, raudotteet ym.) määrä ei ole huomioitu laskennassa. Valuun menevien varusteiden määrä ei ole merkittävä kokonaismassasta.

TAULUKKO 3. Betonin ja betoniteräksen määrät esimerkkikohteessa

	Betoni, kg	%	Teräs, kg	%
Seinäelementit	3360		66	
Katto	960		17	
Lattia	1980		74	
Yhteensä	6300	89 %	157	3 %

Betonielementtiin sijoitettavien putkien mittaus tehtiin joko ennen valua tai sitten mittamalla valmiista elementistä tekijöiden avustuksella ja rakennekuvia apuna käyttäen. Viemäri-, käyttövesi ja lattialämmitysputkien määrän mittaamisen jälkeen etsittiin jokaiselle putkimateriaalille valmistajan ilmoittama tiheys ja muunnettiin metrimäärätieto painoksi ja saatiin luettelo putkimateriaalien painoksi. Rakennustarvikkeiden valmistajien luetteloissa on yleensä hyvin tarkat detaljit ja tiedot eri tuotteiden mitoista ja painoista. Näin on ainakin LVI- ja sähkötarvikkeissa, joiden tiedot ovat helposti saatavissa valmistajien tai tukkuliikkeiden internetsivuilta.

TAULUKKO 4. LVI-varusteiden määrät tilaelementissä

	kg	%
Käyttövesiputki	9	
Viemäriputki	6,4	
Lattialämmitysputki	3	
IV-laitteet	19	
Vesikalusteet	49,5	
Yhteensä	87	1,2 %

Sähkötarvikkeiden määrän selvittäminen onnistui sähköasentajan tekemän tarkan määrälaskelman avulla. Sähkörsioiden määrä vaihtelee rakennuskohteen eri elementeissä

kohteen sijainnin mukaan. Mikäli kylpyhuone-elementti on suunniteltu asunnossa keittiön viereen niin sähkörsioiden määrä voi olla isompi kuin se olisi muualla kohtaa asuntoa. Elementin ulkopuoliset sähkötyöt ei kuulu normaalisti elementtiurakkaan, mutta jos sähkökeskukset tai sähkörsiat ovat kylpyhuoneen viereisellä seinällä, niihin tulee varata tarpeeksi pitkät johdotukset. Tässä työssä määriteltiin myös sähkötarvikkeiden määrät, vaikka niiden osuus jää alle yhden prosentin kokonaisuusmäärästä ja vaikutus koko elementin osuudesta voidaan jättää normaalisti huomioimatta.

TAULUKKO 5. Sähkötarvikkeiden määrät tilaelementissä

	kg	%
Asennusjohto	6,9	
Sähkörsiat	1,4	
Valaisin	0,9	
Yhteensä	9,2	0,1 %

7.4 Muu materiaalikierto.

Työvaiheiden yhteydessä joudutaan asennettavia varusteita käsittelemään määrämittäisiksi ja tämä vaihe synnyttää hukkamateriaaleja ja jätettä. Valmistuksen yhteydessä syntyy tyypillisiä elementtituotannon jätteitä betonin valamisen, pinnoituksen ja varusteasennusten yhteydessä.

Betonijätteenä menee elementin valusta yli jäävä betoni ja elementin jälkiputsauksen yhteydessä syntyvä sekä reikien poraamisen yhteydessä syntyneet betonikappaleet. Märkää ylijäämää betonijätettä syntyy vähän, koska betoni voidaan valaa toiseen valmistettavaan elementtiin. Elementtitehtaalla on ylijäämäbetonin kierrätyslaitos, joka pystyy erottelemaan märän betonin raaka-aineet erilleen ja kierrättämään raaka-aineet: Kiviaineksen, veden ja sementtibetoniseoksen erilleen ja uudelleen raaka-aineiksi tehtaalla tai kiviaineksinä hyödynnettäväksi. Pinnoitustoissa betonijätteenä lajitellaan vesieristeet, laatat ja sauma-aineet. Betonijäte viedään tehtaalla lajittelualueelle, josta se toimitetaan betonijätteenä käsittelijälle ja hyödynnettäväksi uusimateriaalina. Se mitä ei voida hyödyntää toimitetaan rakennusjätteenä käsittelijälle.

Energiajätteeksi lajitellaan polttokelpoiset jätteet, joita ovat rakentamisen muoveja, tekstiilejä, likaantuneet paperit ja pahvit. Muoviputkista pystytään keräämään materiaalihyötykäyttöön vain puhtaat ja tunnistetut muovilaadut. Polyeteenistä valmistetut ristosilloitetut vesiputket (PEX-putket) kerätään energiajätteeksi. Tällä hetkellä niille ei ole materiaalina hyödyntämismahdollisuutta. PEX-muovit lajitellaan syntypaikalla suoraan energiajätteeksi ilman mahdollista suojaputkea, jota taas ovat eri muovilaatua (PE) ja joka voidaan toimittaa keräysmuoviksi.

Muovilaaduista kierrätetään materiaali hyötykäyttöön PP-, PE- ja LPDE-muovi. Pakkausmuoveina käytettävä LPDE-muovi paalataan ja toimitetaan muovin raaka-aineeksi. Polypropeeniset (PP) viemäriputket ja polyeteeniset (PE) putket kerätään tarkasti erilleen muista materiaaleista ja toimitetaan keräyssäkissä tai -astiassa muovin raaka-aineeksi.

Jos muoviputki on likaantunut betonista, sitä ei voida hyödyntää uuden muovin raaka-aineena ja silloin putki joudutaan käsittelemään lähinnä sekajätteenä. Sekajätteeksi joutuu lattian lakaisujäte, PVC:tä ja betonia sisältävät likaiset muut muovit ja pakkaukset, joita ei voida hyödyntää materiaalikierrätyksessä sekä muut jakeet, joita ei voida kierrättää energiana tai materiaalina. PVC-muovia on lähinnä sähköputkissa, joita käytetään kaapeleiden asennuksessa rakenteisiin.



KUVA 3. Muovit kerätään lajiteltuna materiaalihyötykäyttöön.(Rakennusbetoni- ja Elementti Oy 2019.)

Lisäksi tuotannon toiminnasta syntyy jonkin verran vaarallista jätettä, sähkö- ja elektroniikka jätettä ja taukotiloista biojätettä, joiden keräys tapahtuu tehtaan keräyspisteisiin ja sieltä asianmukaiseen käsittelyyn. Puujätettä syntyy muottitoista ja rikkoutuneista kuormalavoista. Ehjät lavat pyritään toimittamaan takaisin niiden toimittajalle tai kierrätykseen. Jätelajikkeet kuvattu kuviossa 3.



KUVIO 3. Elementtituotannon jätelajikkeet.

7.5 Elementtikylpyhuone-elementin materiaalit ja päästötietojen arviointi

Tässä materiaalitarkastelussa on selvitetty elementtikylpyhuone-elementin tuotevaiheen raaka-aineet, jättejakeet ja tuotteen valmistus, jotta tehdasvalmisteiselle elementtikylpyhuoneelle voidaan jatkossa tehdä sen rakennusvaihetta koskeva elinkaariselvitys. Tarkastelussa käytetään apuna Ympäristöministeriön laatimaa rakennuksen vähähiilisen arviointityökalun ohjelman päästötietokantaa, johon VTT on koonnut rakennusmateriaaleille hiilijalanjälkikertoimen ja joita käyttämällä voidaan eri rakennusosille saada hiilijalanjälki. Päästötietotaulukon tietoja voidaan käyttää hiilijalanjälkilaskennan työkalun testaamiseen. Sen tietojen tarkentaminen on ministeriön toimesta käynnissä ja siksi päästötietojen oikeellisuuteen tulee suhtautua varauksellisesti. Päästötiedot on kerätty eri lähteistä ja VTT:n arvioinnin perusteella ovat tällä hetkellä lähellä oikeaa arvoa ja tietoa voidaan käyttää testausvaiheessa ennen kuin valtakunnallinen päästötietokanta otetaan käyttöön vuoden 2020 aikana. Tässä työssä olisi voinut käyttää myös tarkennettua tietoa yksittäisistä rakennusmateriaalien hiilijalanjälkitiedoista ja korvata VTT:n taulukkoarvo, jos sellainen tieto olisi saatavilla esimerkiksi materiaalin ympäristöselosteesta. Työn jatkoon kannalta

tässä hiilijalanjälkitarkastelussa käytetään annettuja taulukkoarvoja, jotta seuraavan vaiheen tarkempi laskenta voidaan suorittaa samoilla lähtötiedoilla ja vertailtavuus mahdollisiin muihin samankaltaisiin rakennustuotteisiin voidaan tehdä.

Vapaassa testauskäytössä oleva hiilijalanjäljen arviointityökalu on kehitetty kokonaisen rakennuksen hiilijalanjäljen tarkasteluun, jolloin se kattaa koko elinkaaren rakennustuotteiden valmistuksesta, kuljetuksen, työmaa, rakennuksen käytön ja huollon sekä rakennuksen purun ja kierrätyksen. Tässä työssä elementtikylpyhuonetta käsitellään niin, että se olisi verrattavissa korjausrakentamisen osakokonaisuudeksi. Silloin on arviointi rajattava koskemaan pelkästään uusiin rakennusosiin ja tuotteisiin ja jätettävä huomioimatta rakennuksen elinkaaren muita vaiheita. Elementtikylpyhuoneen käsittely osakokonaisuutena vaatii tarkan rajauksen, jotta rakennusten ja rakennustuotteiden laskentamenetelmien väkiinnuttua myöhemmin voidaan saada vertailukelpoista tietoa eri rakennustapojen ympäristöominaisuuksista, jos käytetään samaa laskentatapaa ja lähtötietoja. Tarkasteluun otetaan elementin runko ja siihen asennettavat putkitukset, asennettavat varusteet ja sisäpinnat. Rajapintana pidetään elementin seinien ulkopintaa.

Ympäristövaikutusten ja hiilijalanjäljen selvittäminen ei ole vielä ollut kovin yleinen käytäntö rakennussuunnittelussa ja rakennusmateriaalihankintoja tehtäessä. Rakennusten hiilijalanjälki ei ole useinkaan ollut hankintaperuste, jonka painoarvo olisi ollut muita seikkoja suurempi ja siksi niitä ei ole osattu vaatia rakennustuotteiden valmistajilta. Vakiintuneiden laskentamenetelmien puute ja suunnittelijoiden vähäinen kokemus ympäristövaikutusten arvioinnista ovat osaltaan myös olleet hiilijalanjäljen kysyntään vaikuttavia seikkoja.

Tässä työssä käydään hiilijalanjälkityökalun tietoja läpi ja etsitään esimerkkikohteen materiaalivirroista tarvittavat tiedot ja analysoidaan, onko tarvittava tieto saatavilla ja onko tieto oikeanlaista luotettavan arviointituloksen saamiseksi.

7.5.1 Tietojen kerääminen ja syöttäminen

Hiilijalanjäljen arviointia voidaan tehdä helpoimmillaan hyvin yksinkertaisella menetelmällä. Työkaluksi käy taulukkolaskentaohjelma, jotta sen käyttö olisi helppoa ja mahdollisimman monen käyttäjän käytettävissä ilman erityistaitoja tai ohjelmistoja. Elinkaariarvioinnin kulku menee pääsääntöisesti neljässä vaiheessa:

Vaihe 1. Rajaa arvioitava kohde.

Vaihe 2. Kerää tarvittavat tiedot.

Vaihe 3 Tee laskelmat.

Vaihe 4. Tarkista laskelmat ja tulokset.

Tietojen keräämiseksi jokaiselle materiaalille on olemassa massa ja päästötieto (Taulukko 2), jonka tiedon pohjalta saadaan jokaiselle materiaalille hiilijalanjälki. Tiedot esitetään kgCO₂e.

Rakennustuotteen elinkaaren ympäristövaikutukset saadaan kertomalla materiaalien määrät (kg) materiaaliyksiköillä kertoimella. Kertoimet ovat saatu päästötietokannoista, mutta myös voidaan käyttää tuotteen valmistajalta saatuja tai tuoteryhmäkohtaisia keskiarvoisia tuotetietoja.

TAULUKKO 6. Materiaalijakauma ja niiden laskennan taustalla olevat kertoimet.

Materiaali	Tiheys	Massa	Päästökerroin	kgCO ₂ e
Valmisbetoni	2000-2400 kg	6300	0,146	905
Betoniteräs	0,62-0,88	54	0,474	26
Teräsverkko	12,8	102	0,474	48
Laatat	13,6-16,7	428	0,7*	300
Vesieristeet	1,5 kg	45	3,0	135
LVI-putket	0,07-1,6 kg/m	21	1,838-2,750	47
Vesikalusteet, varusteet, kaivot, luukut		66	1,648-4,758	117
Sähköjohdot	0,08-0,18 kg/m	7	2,210	15
Sähkötarvikkeet**	0,16	2	2,028	3

*Kertoimena käytetty VTT Taustaraporttia: Rakennusmateriaalien ympäristövaikutukset 2013.

**Sähkötarvikkeissa ei huomioitu pinta-asennettua kattovalaisinta.

Laskennan tekeminen alkaa materiaaliluettelon tekemisellä. Rakennuskohteen määräluettelon perusteella päästään aloittamaan tietojen kerääminen. Koko rakennuksen hiilijalanjälkeä arvioitaessa, materiaaliluettelot jaoteltaisiin eri rakennusvaiheisiin, joissa jokaisesta tehtäisiin oma luettelo kyseisen rakennusosan materiaalityypeistä. Rakennusvaiheet on litteroitu tonttiin, kantaviin rakenteisiin, vaippaan, kevyisiin rakenteisiin ja talotekniikkaan. Koska tässä tarkastelussa keskitytään vain yhteen rakennusosaan, luetteloidaan vain yhden tilaelementin materiaalit ja tehdään siitä hiilijalanjälkilaskelma. Tulosta voidaan pitää kattavana tyypillisen tarkastellun tuotteen osalta.

7.5.2 Laskennan tulos

Kylpyhuone-elementin hiilijalanjäljeksi saadaan laskettua esimerkkielementin materiaalitarkastelun perusteella 1 630 kgCO₂e. Tarkasteltavan elementin paino on noin 7 tonnia. Tämä on muutettavissa vertailtavaan muotoon 231 g/kg, jotta tieto olisi hyödynnettävissä vertailtaessa eri rakennustapoja tai vastaavia rakennustuotteita. Tulokset ovat vain suuntaa antavia, koska kaikkia materiaaleja ei voitu punnita vaan käytettiin taulukkoarvoja. Myös materiaalien työn alla olevan päästötietojen tarkentuminen voi tuoda tulokseen muutosta seuraavalla kerralla, kun laskentaa tehdään samanlaisesta tuotteesta.

TAULUKKO 7. Eri rakennusmateriaalien massat ja osuudet tilaelementissä

Materiaali	Määrä kg	Vaihteluväli	%	kgCO ₂ e	%
Betoni	6 300	5670...6930	89,4	905	56,0
Betoniteräs	175	157...192	2,5	91	5,7
Sisäpinnat	477	429...525	6,8	437	27,1
LVI-varusteet ja kalusteet	87	78...96	1,2	164	10,1
Sähkötarvikkeet	9	8...10	0,1	18	1,1
Yhteensä	7 048	6342...7753	100	1 615	100

7.6 Materiaaliselvityksen tulokset ja huomiot

Elementtikylpyhuoneen materiaalien luetteloinnin ja niiden päästötietojen perusteella on mahdollista todentaa tuotteelle ympäristövaikutus. Materiaalien keräämiseen tulee varata tarpeeksi aikaa, ellei käytössä ole tarkkaa materiaaliluetteloa, josta selviää käytetyt määrät haluttuun tarkasteluyksikköön. Tässä tapauksessa selvitetiin yhteen elementtiin menevät materiaalit, jolloin saatiin määritellyksi sille myös hiilijalanjälki. Laskentatapa antaa mahdollisuuden laskea kohteen hiilijalanjäljen ennen kuin kaikki materiaalit tai varusteet on lopullisesti päätetty ja tarkentaa sitä kun saadaan kaikki käytettävät materiaalit tietoon. Hyöty saadaan siitä, että voidaan tehdä jo hankinta vaiheessa jonkin tasoista elinkaariarviota tulevasta kohteesta.

Laskentaohjelmien periaatteiden ollessa samankaltaisia voidaan kerättyä määrätietoa hyödyntää eri laskentaohjelmistoissa. Tämänkaltaista tässä työssä käytettyä yksinkertaistettua laskentaa voidaan käyttää hyvin erilaisten rakennustuotteiden hiilijalanjäljen arviointiin kun lähtötiedot ja laskentaperusteet vakiintuvat. Myös ympäristöselosteen teettäminen tuotteesta on mahdollista, kun raaka-ainetoimittajilta saatava tieto on hallinnassa ja käsiteltävissä.

Eri materiaalien vaikutuksia valmiin tuotteen ympäristövaikutuksiin on voitava vertailla ja siksi laskentatyökalujen tulee olla helppokäyttöisiä, jotta niiden käyttö ei tule myöskään esteeksi. Betonituotteissa sementin käytöllä on merkittävä vaikutus tuotteen koko hiilijalanjälkeä tarkasteltaessa. Erilaisten sementtien käyttö rakennustuotteiden valmistuksessa on eräs kiinnostava tieto ja siksi vertailtavuus on hiilijalanjälkityökalujen keskeinen ominaisuus, kun halutaan vertailla tulevan rakennuksen ympäristökuormaa. Erilaisten seossementtien käytöllä voidaan vähentää tuotteen hiilijalanjälkeä ja tämä tieto on todennettava laskennallisilla menetelmillä. Haluttaessa pienentää rakennuksen koko hiilijalanjälkeä lähdetään selvittämään sen energiankulutusta ja energiatehokkuutta. Kun nämä seikat on saatu supistettua minimiin niin ympäristöhyötyjä aletaan hakea rakennusmateriaaleista, jolloin valmistava teollisuus osallistuu päästövähennyksiin omien tuotteittensa ominaisuuksien kautta. Mahdollisena jatkotutkimuksena voisi olla sementtipohjaisten tuotteiden valmistajien näkökulmasta, kuinka rakennusten hiilijalanjälkilaskennassa huomioidaan sementin karbonisoituminen. Avoin kysymys on myös pystyykö rakennuksen koko elinkaaren aikainen hiilen sitoutuminen olemaan merkittävä hiilinielu ja samalla tuomaan eri rakennusmateriaaleista puhuttaessa toivottua vuoropuhelua myös hiilikädenjäljestä.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Työn tarkoituksena on ollut selvittää rakentamisessa syntyvien materiaalien käsittelyä ja hyödyntämistä niin yleisemmin rakennusalalla kuin esimerkkikohteessa tehdasvalmistusten tilaelementin kautta. Rakennusteollisuuden yksi suuri haaste on tällä hetkellä materiaalitietoisuuden parantaminen. Ei riitä, että valmistaja tietää mistä hän tuotteensa valmistaa, vaan pitää tietää myös sen materiaalin ominaisuudet ja mitä ympäristövaikutuksia se aiheuttaa raaka-aineen hankinnassa, tuotteen valmistuksessa, käytön aikana ja vielä käytön jälkeen jätteenä tai kierrätettynä materiaalina.

Rakennusalan jatkuva muutos on tuonut uusia innovaatioita ja vanhojen rakennustapojen muokkautumista uusiksi menetelmiksi, joilla pystytään kilpailemaan perinteisellä teollisuuden alalla jatkossa paremmin. Tehtaalla valmistettavan kylpyhuone-elementin tuotannossa voidaan hyödyntää tuotantotilojen tuomaa etua ja saada hallittua materiaalien käyttöä. Tehdasvalmistuksessa syntyviä rakentamisen jätelajikkeita syntyy itse betonivalu- töistä ja kokoamisvaiheessa varusteiden ja tarvikkeiden asentamisesta. Betoniteollisuuden jättejakeet ovat pääasiassa hyvin hyödynnettäviä ja erikoiskäsittelyä vaativia on vain muutama prosentti sivuvirroista. Suurin osa tuotannossa syntyvistä jätteistä voidaan hyödyntää materiaalina tai energiana.

Teollisten tuotantojen joskus pienetkin sivuvirrat voivat olla vaikeita käsiteltäviä ja tuoda kulujen lisäksi logistisia hankaluuksia, jos niihin erikoistuneita käsittelijöitä ei ole alueellisesti saatavilla. Uusien kierrätysalan toimijoiden rantautuminen sinne missä muukin valmistava teollisuus on, ei aina ole mahdollista ja se tuo yrityksille varastointi- ja kuljetus- haasteita sekä ympäristö- ja jätelakien puolelta velvollisuuksia, joita ei voi välttää. Toisaalta joidenkin jätehuollon puuttumisen seurauksena on syntynyt pienempiä alan toimijoita, jotka ovat ottaneet haasteen vastaan ja erikoistuneet vain joihinkin erityisiin materiaaleihin ja pystyneet laajentumaan sillä alalla. Lähitulevaisuudessa tulemme todennäköisesti näkemään yhä isompia kierrätysalan toimijoita ja paljon pieniä muutamaa materiaaliin erikoistuneita toimijoita, jotka voivat saada hyvin oman siivunsa eri alan teollisuuden kumppaniyrityksenä. Nämä erikoistuneet keräävät alueensa tuotantolaitoksien erikoisia ja vaikeasti hyödynnettäviä sivuvirtoja ja toimittavat niitä jalostettavaksi toisiksi tuotteiksi ja edistävät näin teollisilla symbiooseilla alueellista kiertotaloutta. Yksi suuri mahdollisuus on erilaisten muovien kerääminen ja materiaalin toimittaminen uudelleen uusiksi tuotteiksi. Uusien lajittelumenetelmien kehittyminen on nopeaa, joka tuo mahdollisuuden erotella eri materiaalit toisistaan ja näin saada pienetkin määrät materiaaleja talteen.

Eri muovilaatujen suuri määrä on haaste rakennusalalla, kun halutaan tehostaa kierrätystä ja vähentää jätettä. Eri komponentit ja putket voivat olla eri muovilaatuja, vaikka voivat

näyttää samoilta ja olla samankaltaisessa käyttötarkoituksessa. Kierrätykseen hyvin sopivat polypropeeni- ja polyeteenimuovit voidaan sentään melko helposti erottaa, mutta jos käytössä on vielä pvc-muovista valmistettuja putkia niin voi sekoittuminen tapahtua helpostikin. Pvc-muovien materiaali kierrätystä on vielä vaikea toteuttaa, sillä ainakaan Päijät-Hämeessä ei ole edellä mainitulle toiminnalle toteuttajaa. Ainoa vaihtoehto on vielä tällä hetkellä hävittää se paikallisten jäteohjeiden mukaisesti sekajätteenä. Muovien merkinnät voivat olla hävinneet katkaistuista kappaleista, jolloin materiaalin tunnistaminen on tehtävä muulla tavalla. Kierrätysmateriaaleja vastaanottavien toimijoiden tarkoituksena on hyödyntää materiaali uusien tuotteiden valmistuksessa ja silloin heille toimitettavien materiaalien puhtaus on ensiarvoisen tärkeää. Jos syntypaikalla lajitellun materiaalin lajittelu on epäonnistunut, tulee usein koko toimitettu erä hylättyä ja se toimitetaan mieluummin jätteeksi esimerkiksi polttolaitokseen, koska saapuneen erän uusintalajittelu tulisi liian kalliiksi ja olisi usein mahdotontakin toteuttaa. Rakennusmateriaalien kierrätyksen ja uudelleen käytön merkitys tuo myös hyötyjä. Hiilikädenjäljeksi saadaan näitä ilmastohyötyjä, joita kierrätys tuo elinkaaren aikana rakennukselle.

Tässä työssä tehtyjen selvitysten perusteella tilaelementille on mahdollista jatkossa tehdä ympäristöprofiili, jolla pystytään todentamaan tämänkaltaisen rakentamistavan ympäristövaikutukset ja näin antaa lisätietoa rakennuttajille erilaisten rakennustapojen vaikutuksista.

Tämä työ antaa hyvän kokonaiskuvan yhden rakennustuotteen käyttämistä tarvikkeista ja materiaaleista. Tietojen keräämisen yhteydessä saatiin tärkeää tietoa käytettyjen materiaalien ominaisuuksista ja jätteen käsittelystä tai materiaalina hyödyntämisestä. Suunnittelun tärkeys korostuu myös, jotta hukkaa ei synny rakennustuotteen valmistusvaiheessa. Suunniteltu pitkäikäiseksi, purettavaksi ja uudelleen käytettäväksi. Valmistusvaiheessa tarvitaan myös ajatustavan muutosta, jätte onkin materiaalia.

Työn tekemisen aikana esille tuli myös kuinka tällaisen laajan valikoiman erilaisia materiaaleja hallinta on myös hankalaa, kun on erilaisia pakkauskokoja ja sopivan määrän saaminen ilman että syntyy materiaalihukkaa voi olla joskus hankalaa. Esimerkkinä pakkauskoon haasteista on lattianlämmityspotken asennus. Kieppitavarana tulevaa lattialämmityspotkea voi mennä yhteen kohteeseen kymmeniä metrejä ja jos tehdään useita samankokoisia lattioita, joihin menee aina saman verran putkea. Pahimmassa tapauksessa materiaalihukka voi olla suurta, jos jokaisesta kiepistä jää yli kymmeniä metrejä putkea ja jota ei voida hyödyntää seuraavassa kohteessa, kun määrä ei olekaan enää riittävä siihen kohteeseen. Putkea voi jäädä puoli kieppiä yli odottamaan sopivaa käyttökohdetta, joka taas on säilytyksen kannalta hankalaa, jos ei ole tiedossa heti käyttökohdetta.

Tuotteen hiilijalanjäljen laskentaa voidaan suorittaa useilla ilmaisilla tai kaupallisilla laskentaohjelmilla. Laskenta perustuu pääsääntöisesti samanlaiseen arviointiprosessiin. Aina pitää tietää kohteessa käytetyt materiaalit ja menekki.

Jokaisella rakennustyömaalla ja tuotantolaitoksella oikeanlaisten jäteastioiden määrä ja sijoittelu on huomattava tekijä, joka vaikuttaa lajittelun onnistumiseen. Työpisteillä täytyy olla jokaiselle kerättävälle jakeelle oma astia ja selkeät ohjeet. Tämä koskee varsinkin hyödynnettäväksi meneviä materiaaleja. Pisteiden oikea sijainti ei ole aina helposti toteutettavissa, sillä erikoistuotteita valmistettaessa voi tulla nopeaa tarvetta lisätilalle ja siirreltävät keräysvälineet saatetaan viedä toisaalle missä on tyhjää tilaa.

Materiaalien hallinnan kannalta keskitetty rakentaminen tehdasolosuhteissa on hallittavissa hyvin verrattuna perinteiseen työmaarakentamiseen, jossa eri rakennusvaiheiden tarvikkeet ja jätteet voivat olla hyvinkin hajallaan työmaalla. Tarvikkeiden varastointi, tuotteen valmistamiseen tarvittavat välineet ja jätehuolto voidaan suunnitella tehdasolosuhteissa toimivaksi, jolloin voidaan keskittyä itse työskentelyyn ilman ylimääräistä etsimistä ja tavaroiden siirtelyä.

Raaka-aineiden kuljetuksien huomioiminen tuotteen rakentamisessa tulee olemaan yksi asia, joka pienentää valmiin rakennustuotteen hiilijalanjälkeä. Sen merkitys keskitetyssä rakentamisessa tehdasolosuhteissa on huomioitava yhtenä etuna paikalla rakentamisen vaihtoehtoon ja asian tarkempi analyysi olisi seuraavia tarkemman tutkinnan kohteita.

Kierrätystarvikkeiden käytössä olevia ongelmia ei voida hetkessä ratkaista. Suurten rakennusliikkeiden tarvitsemat rakennustarvikkeiden määrät ovat usein suuria ja ennalta määrättyjä suunnittelijoiden ja arkkitehtien toimesta. Uusien tuotteiden ja innovaatioiden tuleminen alalle vie useimmiten aikaa ja tietoisuus täytyy hankkia, jotta mahdollisuudet aukeavat laajemmin. Yritysten ja eri organisaatioiden välistä yhteistyötä niin tutkimuksen kuin koulutuksen osalta tulisi lisätä, jotta valmistavan teollisuuden olisi helpompi valmistaa vaatimuksen täyttäviä tuotteita.

LÄHTEET

Aluehallintovirasto päätös Nro 279/2016/1. [Viitattu 11.11.2019] Saatavissa: https://tietopalvelu.ahp.fi/Lupa/Lisatiedot.aspx?Asia_ID=852386

Aluehallintovirasto päätös Nro 158/2013/1. [viitattu 11.11.2019] Saatavissa:

https://www.avi.fi/documents/10191/56814/esavi_paatos_158_2013_1-2013-08-20.pdf/0c8b3913-6d00-4d2b-a694-921e1f38de24

Kierrätysbetoni toimii viherkaton kasvualustana. 2016. Betoni-lehti 4/2016, s. 70-74.

Betoniteollisuus ry. 2019. Betonirakenteen ekotehokuus. [viitattu 11.11.2019] Saatavissa:

<https://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/ekologisuus/betonirakenteen-ekotehokuus/>

Bionova Oy. 2017. Tiekartta rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen huomioimiseksi rakentamisen ohjauksessa. [viitattu 11.11.2019] Saatavissa: https://www.ym.fi/fi-Fi/Maankaytto_ja_rakentaminen/Rakentamisen_ohjaus/Vahahiilinen_rakentaminen/Vahahiilisen_rakentamisen_tiekartta

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) N:o 517/2014 fluoratuista kasvihuonekaasuista. [viitattu 16.12.2019]. Saatavissa:

<https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B5E71D38F-88A1-4DC9-ACFC-64B8A6CB668B%7D/101525>

European Commission report. 2014. Communication on Resource efficiency opportunities in the building sector. Available at:

<https://ec.europa.eu/environment/eussd/pdf/SustainableBuildingsCommunication.pdf>

EU:n kiertotalouspaketti. [viitattu 22.11.2019] Saatavissa: <https://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/society/20170120STO59356/kiertotalouspaketti-eu-n-uudet-tavoitteet-kierratykselle>

Hollolan kunnan ympäristönsuojelumääräykset. Saatavissa

www.hollola.fi/ymparistonsuojelumaaraykset

Jätelaki 646/2011. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110646>

Jätteiden ja sivuvirtojen tietoaalusta. Saatavissa: <https://www.materiaalitori.fi/>

Kiertotalousyritys Netlet kerää rakennustyömaiden ylijäämämateriaalit. 2018.

Rakennuslehti 2.11.2018.

Kuittinen, M. 2019. Rakennuksen vähähiilisuuden arviointimenetelmä.

Kuittinen, M. & le Roux, S. 2017. Vähähiilisen rakentamisen hankintakriteerit
Ympäristöministeriö. Ympäristöopas.

Laaksonen, Pietarinen, Salmenperä. 2017. Kierrätyksestä kiertotalouteen. Valtakunnallinen
jätehuoltosuunnitelma vuoteen 2023.

Lahden ammattikorkeakoulu. 2018. Uutinen [viitattu 5.12.2018]. Saatavissa:

<https://www.lamk.fi/fi/uutiset/kiertotalouden-liiketoimintamalleja-paijat-hameeseen>

Lahden kaupunki. 2018. Hulevesien hallintaa kustannustehokkailla hybridiratkaisuilla.

[viitattu 11.11.2019]. Saatavissa: <https://www.lahti.fi/palvelut/luonto-ja-ymparisto/lahti-ymparistokaupunki/hulevesien-hallinta>

Lahden kaupungin Rakennus- ja ympäristölupalautakunnan päätös

D/811/11.01.00.01/2017. [viitattu 11.11.2019] Saatavissa: https://www.lahti.fi/Palvelut-Site/YmparistoSite/Documents/ymparistoluvat/Gless_13.6.2017.doc

Lahden kaupungin Rakennus- ja ympäristölupalautakunnan päätös

D/1747/11.01.00.01/2017. [viitattu 14.11.2019] Saatavissa: <https://www.lahti.fi/Palvelut-Site/YmparistoSite/Documents/ymp%C3%A4rist%C3%B6luvut/Re-meo%20Oy.pdf#search=remeo>

Laki jätelain muuttamisesta 438/2019. Saatavissa

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2019/20190438>

Lannoitevalmistelaki 539/2006. Saatavissa:

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2006/20060539>

Lehtonen, K. 2018 Betonimurskeohje. Betonimurskeen käyttö infrarakentamisessa

Lahden ja Hollolan alueella

Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999. Saatavissa:

<http://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>

Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy yritysinfo. [Viitattu 25.10.2019] Saatavissa:

<https://www.phj.fi/yritysinfo/paijat-hameen-jatehuolto-oy/>

Päijät-Hämeen kiertotalouden tiekartta. 2017. [viitattu 11.11.2019] Saatavissa:

<https://www.kohtikiertotaloutta.fi/>

Päijät-Hämeen liitto. 2019. Uutiset [viitattu 11.11.2019]. Saatavissa: <http://www.paijat-hame.fi/uutiset/kierratyspuisto-hollolaan-tai-orimattilaan/>

Pääministeri Antti Rinteen hallituksen ohjelma 6.6.2019. Osallistava ja osaava Suomi. -
Sosiaalisesti, taloudellisesti ja ekologisesti kestävä yhteiskunta. Saatavissa: <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/161662>

Rakennusteollisuus laatii tiekartan vähähiiliseen rakentamiseen. [viitattu 21.11.2019]

Rakennusteollisuus ry. Saatavissa:

<http://www.rakennusteollisuus.fi/Ajankohtaista/Tiedotteet1/2019/rakennusteollisuus-laatii-tiekartan-vahahiiliseen-rakentamiseen/>

Rakennuksen hiilijalanjäljen arviointityökalu. [viitattu 22.11.2019] Saatavissa:

<https://www.ym.fi/fi->

[FI/Maankaytto ja rakentaminen/Rakentamisen ohjaus/Vahahiilinen rakentaminen/Rakennuksen vahahiilisyiden arviointimenetelmä](#)

Rakennusten purku-urakoiden ja maamassojen hallinnan kiertotalous -nykytila, mahdollisuudet ja haasteet kunnissa-loppuraportti 2019. Saatavissa: https://gnf.fi/wp-content/uploads/2016/04/GNF_RANTA-Loppuraportti_WEB.pdf

Rakennusosat ja materiaalit kierto (HYPPY) -hanke. [viitattu 22.11.2019] Saatavissa: <https://gnf.fi/fi/gnf/hyppy/>

RANTA-hanke. [viitattu 22.11.2019] Saatavissa: <https://gnf.fi/fi/gnf/ranta-rakentamisen-kiertotalous-kunnissa/>

Rakennusteollisuus RT ry:n suhdannekatsaus lokakuu 2019 [viitattu 15.10.2019]

Saatavissa: <http://www.rakennusteollisuus.fi/Ajankohtaista/Tiedotteet1/2019/suhdannekaa-ne-on-selva-mutta-rakentaminen-on-sinnitellyt-yllattavan-hyvin/>

Resurssiviisaudella säästöjä. Kiertotalous puolittaisi teollisuuspäästöt. 2018. Uusi uutiset 5/2018, 38.

Ruuska, A. & Häkkinen, T. Rakennusmateriaalien ympäristövaikutukset-Taustaraportti VTT 2013. [viitattu 11.11.2019] Saatavissa:

https://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2013/YM_Taustaraportti.pdf

SFS-EN ISO 14067. 2018. Viittaaminen sähköisiin dokumentteihin tai niiden osiin.

Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

sMarta-hanke. 2019. [viitattu 22.11.2019] Saatavissa: <https://www.smartta.fi/uutiset/kohti-hiilipihia-paijat-hametta/>

Tilastokeskus, Väestömuutokset ja väkiluku alueittain, 1990-2018. Saatavissa: <http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/sq/ab167618-d340-418c-b454-5973684c692d>

Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa 843/2017.

Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170843>

Valtioneuvoston asetus ympäristönsuojelusta 713/2014. Saatavissa

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140713>

Veuro, S. Lehvävirta, S. & Mesimäki, M: Viherkattojen elinkaarianalyysi ja kestävä rakennusratkaisut 2012.

Ympäristöministeriön raportti: Rakennus- ja purkumateriaalien tietokantojen kehittäminen-loppuraportti [viitattu 7.5.2019]. Saatavissa: [https://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Tiedotteet/Digi_vauhdittamaan_rakennusjätteen_kierr\(50135\)](https://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Tiedotteet/Digi_vauhdittamaan_rakennusjätteen_kierr(50135))

Ympäristöministeriön julkaisu 2019:22 [Viitattu 22.11.2019] Saatavissa:

<http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/161761>

LIITTEET

Liite 1. Materiaalien päästötiedot

Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu

Luonnos hiilijalanjäljen arvioinnin testausta varten 2.9.2019



Materiaalien päästötiedot

© VTT 2018. Testausvaiheen generinen päästötaulukko perustuu VTT:n eri lähteistä kokoamiin ja arvioimiin tuloksiin. Arvot on koottu siten, että ne kattavat elinkaaren vaiheet A1 - A5 (vaiheessa A5 vain arvioidun hukan osalta). Taulukkoa on viime vaiheessa päivitetty muutamilla hyvin karkeasti arvioiduilla tarkistamattomilla arvoilla. VTT:llä on yksinomainen omistus- ja tekijänoikeus kokonaistaulukkoon. Taulukkoa saa käyttää testaamiseen eikä sitä saa muuttaa, käyttää eikä luovuttaa käytettäväksi muuhun tarkoitukseen ilman VTT:n nimenomaista suostumusta. Taulukko on tarkoitettu vain menetelmän testausvaiheeseen eikä VTT ota vastuuta siihen sisältyvien tietojen oikeellisuudesta.

Materiaalit	Hiilijalanjälki	Hiilikädenjälki	Yksikkö	Vaihtoväli (a)
PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET				
Betoniteräs	0,474		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
Valmisbetoni C35 (portland)	0,146		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
Valmisbetoni C35 (sesossementti)	0,127		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
Valmisbetoni C50 (portland)	0,175		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
Valmisbetoni C80 (Portland)	0,210		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
PIHA JA POHJARAKENTEET				
Betoniantura ja -perustus (sis.raudoitteet)	0,160		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
EPDM-matto (synteettinen kumi)	2,694		kgCO ₂ e/kg	30
Kevytsova	0,459		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
Kevytsovaharkko+laasti	0,298		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
Kuitukangas	2,272		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
Murske, 2/32	0,006		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
Murske, hieno ja karkea	0,012		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
Noppakiveys	1,269		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
Paalut, betoni, 250x250	0,158		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
Paalut, betoni, 300x300	0,145		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
Paalut, teräsputki	2,840		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
Pihalaatoitus, betoni	0,137		kgCO ₂ e/kg	50
Pilari, teräs	2,840		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
Routaeriste, EPS	3,338		kgCO ₂ e/kg	50
Sora ja hiekka	0,005		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
Stabilointi, 30/70	0,779		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
PILARIT JA PALKIT				
Palkki, betoni+teräkset	0,196		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
Palkki, jännepalkki	0,265		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
Palkki tai pilari, kertopuu	0,283		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
Palkki tai pilari, liimapuu	0,356	-1,62	kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
Palkki tai pilari, puu	0,092	-1,55	kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
Palkki, teräsristikko, pintakäsitelty	2,720		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
Palkki, teräsputki, pintakäsitelty	2,840		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta

Palkki, teräksinen deltapalkki	2,940		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
Pilari, betoni+teräkset	0,215		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
Puuranka, sahatavara	0,092	-1,55	kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
Pilari, teräsputki (kylmämuovaus), pintakäsitelty	2,840		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
Pilari, teräspilari (kuumavalsatusta levystä), pintakäsitelty	2,720		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
Teräsranka, kuumasinkitty	2,788		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta

LAATAT

(massiivilaatta), betoni + teräkset	0,160		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
ontelolaatta 150	0,178		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
ontelolaatta 200	0,178		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
ontelolaatta 265	0,178		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
ontelolaatta 320	0,178		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
ontelolaatta 400	0,178		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
ontelolaatta 500	0,178		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
TT-laatta	0,222		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
Liittolaatta	0,372		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta

SEINÄT JA SOKKELIT

betonielementti, sisäkuori, 100 mm+musta teräs	0,191		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
betonielementti, sisäkuori, 150 mm+musta teräs	0,193		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
betonielementti, sisäkuori, 80 mm+musta teräs	0,190		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
teräs	0,211		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
Betoniväliseinä	0,202		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
Betonisokkeli	0,160		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
CLT-seinä	0,21	-1,55	kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
Hirsiseinä, 270 mm	0,112	-1,55	kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
Liimahirsiseinä	0,142	-1,47	kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
EPDM -nauha (synteettinen kumi)	2,694		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta

Muurattu rak. kahi 85+laasti	0,151		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
Muurattu rak. kahiharkko, 130+laasti	0,154		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
Muurattu rak. kevytsoraharkko+laasti	0,298		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
Muurattu rak. lämpöharkko+EPS+laasti	0,378		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
Muurattu rak. poltettu tiili 130+laasti	0,241		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
Muurattu rak. poltettu tiili 85+laasti	0,204		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
Muurattu rak. Siporex+ohutsaumaustaasti	0,288		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
Puuranka, sahatavara	0,092	-1,55	kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta

PORTAAT

betoni	0,247		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
puu	0,088	-1,55	kgCO ₂ e/kg	50
teräs	2,840		kgCO ₂ e/kg	50

LÄMMÖNERISTEET

EPS	3,407		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
kierrätyspaperi 45 kg/m ³	0,222	1,20	kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
kierrätyspaperi, 55 kg/m ³	0,222	1,20	kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
kierrätyspaperi, puhallus 35 kg/m ³	0,218	1,20	kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
lasivilla, erikoisjäykkä 100 kg/m ³	1,530		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
lasivilla, pehmeä 45 kg/m ³	1,530		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
polyuretaani, 40 kg/m ³	4,354		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
polyuretaani, 60 kg/m ³	4,354		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
vuorivilla, erikoisjäykkä, 100 kg/m ³	1,026		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
vuorivilla, pehmeä 35 kg/m ³	1,026		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
vuorivilla, puhallusvilla, 15 kg/m ³	1,006		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
vuorivilla, tuulensuoja, 65 kg/m ³	1,026		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
XPS, 50 kg/m ³	3,407		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
tuulensuoja, lasivilla, 75 kg/m ³	1,153		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta

KOSTEUSERISTE

Kosteussulku	3,000		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
--------------	-------	--	------------------------	-------------

ULKOVERHOILU

alumiinikasetti	3,200		kgCO ₂ e/kg	50
keraaminen laatoitus	0,704		kgCO ₂ e/kg	50
kuparikasetti	2,104		kgCO ₂ e/kg	50
luonnonkivi, 20 mm	0,408		kgCO ₂ e/kg	50
puu	0,092	-1,55	kgCO ₂ e/kg	50
puu, lämpökäs.	0,122	-1,55	kgCO ₂ e/kg	50
teräskasetti, ruostumaton	2,846		kgCO ₂ e/kg	50
teräskasetti+maali	2,950		kgCO ₂ e/kg	50
tiililaatta	0,230		kgCO ₂ e/kg	50
turvalasi (parveke)	1,338		kgCO ₂ e/kg	50

KATTEET

betonikattotiili	0,163		kgCO ₂ e/kg	50
aluskermi, 2,4 kg/m ²	5,489		kgCO ₂ e/m ²	25
bitumikattolaatta, 8,5 kg/m ²	19,494		kgCO ₂ e/m ²	30
bitumikermi, pinta + 2 alus, 13,3 kg/m ²	12,628		kgCO ₂ e/m ²	35
kupari	2,104		kgCO ₂ e/kg	50
teräs, sinkitty	2,750		kgCO ₂ e/kg	50
teräs, sinkitty ja maali	2,910		kgCO ₂ e/kg	50

IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT

Ikkunat, 3 lasikerrosta, 4mm	20,475		kgCO ₂ e/m ²	50
Ikkunat, 4 lasikerrosta, 4mm	27,300		kgCO ₂ e/m ²	50
Ikkunat, 3 lasikerrosta, 6mm	30,713		kgCO ₂ e/m ²	50
Ikkunat, 4 lasikerrosta, 6mm	40,950		kgCO ₂ e/m ²	50
Ikkunat, Puuikkuna, sisältää myös lasit	87,206		kgCO ₂ e/m ²	50
Ikkunat, Puu-alumiini-ikkuna, sisältää myös lasit	114,112		kgCO ₂ e/m ²	50
Lasiverhoilu ja seinät	9,915		kgCO ₂ e/m ²	50
Muoviseinä (polykarbonaatti-suihkuseinä)	4,168		kgCO ₂ e/kg	25
Ovi, lasi	9,920		kgCO ₂ e/m ²	50
Ovi, sisä	34,823		kgCO ₂ e/m ²	50
Ovi, ulko metalli	20,097		kgCO ₂ e/m ²	50
Ovi, ulko, puu	61,044		kgCO ₂ e/m ²	40

LATTIAPÄÄLLYSTEET JA -BETONI

muovimatto	1,396		kgCO ₂ e/kg	30
parketti + alusrak.	0,643		kgCO ₂ e/kg	25
Laminaatti	2,988		kgCO ₂ e/kg	15
linoleum	0,388		kgCO ₂ e/kg	30
kumi	3,136		kgCO ₂ e/kg	30
epokshartsii	4,069		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
Lattiabetoni	0,155		kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta

LEVYT

kipsilevy	0,419		kgCO ₂ e/kg	50
kovalevy	0,316		kgCO ₂ e/kg	50
kuitutuulensuoja	0,457	-1,53	kgCO ₂ e/kg	50
lastulevy	0,614	-1,06	kgCO ₂ e/kg	50
vaneri	0,283	-1,64	kgCO ₂ e/kg	50
CLT	0,210	-1,55	kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
kuitusementti	0,707		kgCO ₂ e/kg	50
viilupuu	0,395	-1,50	kgCO ₂ e/kg	Ei vaihdeta
OSB	0,443	-1,30	kgCO ₂ e/kg	50

MAALIT JA TASOITTEET

Maali, sisä, akrylaatti	2,126		kgCO ₂ e/kg	20
Maali, sisä, alkydi	1,864		kgCO ₂ e/kg	20
Maali, punamulta	0,445		kgCO ₂ e/kg	20
Maali, pellavaöljy	1,538		kgCO ₂ e/kg	20
Maali, ulko, vesiohenteinen	1,840		kgCO ₂ e/kg	20
Maali, sisä, vesiohenteinen	1,640		kgCO ₂ e/kg	20
Tasoite, sementtipohj.	0,185		kgCO ₂ e/kg	30
Tasoite, polymeeripohj.	0,361		kgCO ₂ e/kg	30

LVI OSAT

Putki, muovi	2,168		kgCO ₂ e/kg	50
Putki, teräs	2,538		kgCO ₂ e/kg	50
Putki, alumiini	2,338		kgCO ₂ e/kg	50
Putki, komposiitti	1,963		kgCO ₂ e/kg	50
Putki, salaoja	2,389		kgCO ₂ e/kg	50
Putki, viemäri	2,053		kgCO ₂ e/kg	50
Putki, maaviemäri	0,197		kgCO ₂ e/kg	50
Putki, käyttövesi	2,389		kgCO ₂ e/kg	50
Putki, lattialämmitys	1,838		kgCO ₂ e/kg	50
Liitin, muovi	2,028		kgCO ₂ e/kg	50
Liitin, teräs	2,757		kgCO ₂ e/kg	50
Liitin, alumiini	2,338		kgCO ₂ e/kg	50
Venttiili	2,847		kgCO ₂ e/kg	20
Jakotukki	2,847		kgCO ₂ e/kg	30
Sadevesikaivo	1,635		kgCO ₂ e/kg	50
Peruskaivo	1,668		kgCO ₂ e/kg	50
Pesuallas, keraaminen	1,648		kgCO ₂ e/kg	50
Pesuallas, RST	4,758		kgCO ₂ e/kg	50
WC-istuim, keraaminen	1,648		kgCO ₂ e/kg	50
Lattiakaivo, muovi	1,668		kgCO ₂ e/kg	50
Lattiakaivo, RST teräs	4,758		kgCO ₂ e/kg	50
Vesihana, komposiitti	2,899		kgCO ₂ e/kg	20
Suihku ja letku komposiitti	3,674		kgCO ₂ e/kg	20
Lautasventtiili, teräs	2,757		kgCO ₂ e/kg	20
Putki, ilmastointi	2,750		kgCO ₂ e/kg	40
Säleikkö, tuloilma	2,338		kgCO ₂ e/kg	40
Säleikkö, ulko	2,338		kgCO ₂ e/kg	40

SÄHKÖOSAT

Sisäkaapeli	2,100	kgCO ₂ e/kg	25
Parikaapeli	3,810	kgCO ₂ e/kg	25
Antennikaapeli	2,050	kgCO ₂ e/kg	25
Asennusjohto	2,210	kgCO ₂ e/kg	25
Ohjauskaapeli	2,310	kgCO ₂ e/kg	25
Voimakaapeli	2,210	kgCO ₂ e/kg	25
Pistorasia	2,028	kgCO ₂ e/kg	25
Valaisinpistorasia	2,028	kgCO ₂ e/kg	25
Jakorasia	2,028	kgCO ₂ e/kg	25
Haaroitusrasia	2,028	kgCO ₂ e/kg	25

AURINKOPANEELI

Kiteinen aurinkopaneeli	242,0	kgCO ₂ e/m ²	25
Ohutkalvopaneeli	67,0	kgCO ₂ e/m ²	25
Verkkoinvertteri	22,0	kgCO ₂ e/kg	25

HISSIT

Hissi	7585,0	kgCO ₂ e/kpl	50
-------	--------	-------------------------	----

TALOTEKNIIKAN KOKONAISPÄÄSTÖT

Sähköasennukset ja kaapeloinnit	5,280	kgCO ₂ e/m ²	25
Sprinkler-järjestelmä	5,850	kgCO ₂ e/m ³	50
Vesijohtojärjestelmä	2,700	kgCO ₂ e/m ⁴	50
Viemäriputkisto	0,520	kgCO ₂ e/m ⁵	50
Patteriverkosto	6,670	kgCO ₂ e/m ⁶	50
Lämmönjakokeskus	0,530	kgCO ₂ e/m ⁷	Ei vaihdeta
Ilmanvaihtojärjestelmä (huoneistokohtaiset koneet, kanavisto ja päätelaitteet)	6,970	kgCO ₂ e/m ⁸	25