

**Marko Olli**

**PÄÄSTÖLASKENTAMALLIEN HYÖDYNTÄMINEN CO<sub>2</sub>-PÄÄSTÖ-  
JEN OPTIMOINNISSA ASFALTTIALALLA**

**Opinnäytetyö  
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Teknologiaosaamisen johtamisen koulutusohjelma  
Toukokuu 2018**

**TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ**

<b>Yksikkö</b> Kokkola	<b>Aika</b> Toukokuu 2018	<b>Tekijä/tekijät</b> Marko Olli
<b>Koulutusohjelma</b> Teknologiaosaamisen johtaminen (YAMK)		
<b>Työn nimi</b> PÄÄSTÖLASKENTAMALLIEN HYÖDYNTÄMINEN CO2-PÄÄSTÖJEN OPTIMOINNISSA ASFALTTIALALLA		
<b>Työn ohjaaja</b> KTT Marko Forsell		<b>Sivumäärä</b> 43
<b>Työelämäohjaaja</b> DI Riku Tujunen		
<p>Tämän työn tarkoituksena oli määrittää eri laskentamalleilla asfaltin valmistuksessa syntyviä CO<sub>2</sub>-päästöjä ja optimoida niitä laskennan avulla. Saatujen tulosten perusteella tuotantoa pystytään mahdollisuuksien mukaan muokkaamaan vähemmän CO<sub>2</sub>-päästöjä tuottavaksi. Työssä vertailtiin eri päästömallien laskentaa ja päästökertoimia mahdollisesti käyttöönotettavaa, uutta urakan tarjoushinnan vertailua varten, jossa CO<sub>2</sub>-päästöt ovat osana vertailua.</p> <p>Työssä käsitellään päällystystöiden CO<sub>2</sub>-päästöjä alkaen asfaltin raaka-aineiden valmistuksesta ja päättyen valmiiseen pintaan ja siihen liittyviin töihin. Hiilidioksidi eli CO<sub>2</sub> on kemiallinen yhdiste, jota syntyy hiilipitoisten aineiden palamistuotteena. Työssä suoritettiin laskentoja eri asfalttimassatyypeillä sekä muilla eri tuotantomuutoksilla. Työn laskennoissa ei otettu tarkempaa kantaa taloudellisiin tai laadullisiin ratkaisuihin. Tässä tarkastelussa ei otettu huomioon asfaltin levityksen jälkeisiä toimia sen elinkaaren aikana. Rajauksen ulkopuolelle jäivät esimerkiksi tiemerkinnyt ja kaidetyöt.</p> <p>Laskentamalleissa havaittiin huomattavia eroja lähtötiedoissa sekä laskentatavoissa. Työn laskennoissa saatiin tuotettua merkittäviä CO<sub>2</sub>-päästövähennyksiä koko tuotantoprosessin osalta. Laskennallisten CO<sub>2</sub>-optimointikeinojen siirto käytäntöön ei sisältynyt tähän työhön.</p>		

<b>Asiasanat</b> Asfaltti, CO <sub>2</sub> , laskentamalli, optimointi, päästökerroin.
---

**ABSTRACT**

<b>CENTRIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES</b> Kokkola	<b>Date</b> May 2018	<b>Author</b> Marko Olli
<b>Degree programme</b> Technology Competence Management		
<b>Name of thesis</b> UTILIZATION OF EMISSION CALCULATION MODELS FOR OPTIMIZING CO2 EMISSIONS IN ASPHALT SECTOR		
<b>Instructor</b> Marko Forsell, Ph.D. (Econ.)		<b>Pages</b> 43
<b>Supervisor</b> Riku Tujunen M.Sc.		
<p>The purpose of this thesis was to calculate the CO<sub>2</sub> emissions generated in asphalt production using different calculation models and to optimize the emissions by calculation. Based on the results obtained, production can be modified to produce less CO<sub>2</sub> emissions. The work compared the calculation of different emission models and emission factors for a possible new comparison of the offer price of the asphalt work, where CO<sub>2</sub> emissions are part of the comparison.</p> <p>The work discusses the CO<sub>2</sub> emissions of asphalt paving work from the production of asphalt raw materials to the finished surface and related work. CO<sub>2</sub>, or carbon dioxide, is a chemical compound combustion product of carbonaceous substances. Calculations were performed on different types of asphalt masses and different production changes. The calculations did not concern economic or qualitative solutions. This review did not take into account any other asphalt work after the surface was paved. For example, road markings and railing work were excluded.</p> <p>Significant differences in the calculation models were found in the initial data and in the calculation methods. The calculations produced significant CO<sub>2</sub> emission reductions for the entire production process. The transfer of computational CO<sub>2</sub> optimization tools into practice was not included in this thesis.</p>		

<p><b>Key words</b> Asphalt, CO<sub>2</sub>, emission factor, measuring tool, optimising.</p>
---

**TIIVISTELMÄ**  
**ABSTRACT**  
**SISÄLLYS**

<b>1 JOHDANTO</b> .....	<b>1</b>
<b>2 TUTKIMUKSEN TAVOITE JA MENETELMÄ</b> .....	<b>3</b>
<b>3 PÄÄLLYSTYSPROSESSI JA PÄÄSTÖLÄHTEET</b> .....	<b>5</b>
<b>3.1 Asfalttimassan raaka-aineet</b> .....	<b>5</b>
<b>3.1.1 Bitumi</b> .....	<b>5</b>
<b>3.1.2 Kiviaines</b> .....	<b>6</b>
<b>3.1.3 Muut asfaltin raaka-aineet</b> .....	<b>7</b>
<b>3.2 Asfalttimassan valmistusprosessi</b> .....	<b>9</b>
<b>3.3 Päällistystyömaatoiminnot</b> .....	<b>13</b>
<b>4 LASKENTAMALLIEN KÄYTTÖ PÄÄLLYSTEEN PÄÄSTÖJEN LASKENNASSA</b> .....	<b>16</b>
<b>4.1 EPD-laskenta yleisesti</b> .....	<b>16</b>
<b>4.2 EKA-mallin laskenta yleisesti</b> .....	<b>20</b>
<b>4.3 AsPect-laskenta lyhyesti</b> .....	<b>22</b>
<b>5 TUTKIMUKSEN TULOKSET</b> .....	<b>24</b>
<b>6 YHTEENVETO</b> .....	<b>40</b>
<b>LÄHTEET</b> .....	<b>42</b>

## 1 JOHDANTO

Liikennevirastolla on tavoitteena kasvihuonekaasujen ja energiankulutuksen vähentäminen väylänpidossa, joka kattaa liikenneväylien rakentamisen sekä niiden käytönaikaisen kunnosspidon. Vuoteen 2020 mennessä on linjattu tavoitteeksi 20 %:n parannus energiatehokkuuteen verrattuna vuoteen 2013. Ympäristönäkökohtia ei vielä ole otettu huomioon päällystysurakoiden hankintaprosessissa, mutta lähivuosina ne on tarkoitus ottaa osaksi vielä määrittelemättömässä laajuudessa. Päällysteen valmistukseen kuluu paljon energiaa prosessin eri vaiheissa ja pelkästään maanteiden ylläpidossa uusitaan 3000 km päällystettä vuosittain. (Liikennevirasto 2016.)

Liikennevirastolla on suunnitelmissa ottaa käyttöön kansallinen laskentamalli, jolla päällystetuotteiden hiilijalanjälkiä pystyttäisiin vertailla tarjousvaiheessa. Tässä opinnäytetyössä on tarkoitus tarkastella mahdollisia laskentamalleja (EKA-malli, EPD, asPECT), ja vertailla näiden laskentamallien eroavaisuuksia ja soveltuvuutta asfalttialalle.

Lisäksi tavoitteena on tuottaa tarjouslaskennan avuksi keinoja, joilla päällysteen hiilijalanjälkeä pystytään vähentämään. Saatua tietoa on tarkoitus hyödyntää jatkossa NCC Industryn päällysteurakoiden tarjouslaskennassa.

Työn päästölaskennassa keskitytään kulutuskerrosten asfalttityyppien kuten AB (asfalttibetoni) ja SMA (kivimastiksiasfaltti) -tyyppien päästöjen määrittämiseen ja laskentaan. Työn ulkopuolelle rajataan mm. valuasfaltit sekä pohja- ja sidekerroksen asfalttityypit.

Työssä käsitellään päällystystöiden CO<sub>2</sub>-päästöjä alkaen asfaltin raaka-aineiden valmistuksesta ja päättyen valmiiseen pintaan sekä siihen liittyviin töihin. Hiilidioksidi eli CO<sub>2</sub> on kemiallinen yhdiste, jota syntyy hiilipitoisten aineiden palamistuotteena. Työn laskennoissa ei oteta kantaa taloudellisiin tai laadullisiin ratkaisuihin, mutta näitä asioita käsitellään optimointikeinojen yhteydessä. Tässä tarkastelussa ei oteta huomioon asfaltin levityksen jälkeisiä toimia sen elinkaaren aikana. Rajauksen ulkopuolelle jäävät myös esimerkiksi tiemerkinnot ja kaidetyöt. Rajauksessa öljytuotteiden, kuten bitumin ja polttoöljyn, elinkaaren tarkastelu aloitetaan öljynjalostamolta.

Luvussa kasi on kuvattu tutkimuksen tavoite ja tutkimusmenetelmä. Luvussa kolme käsitellään päällystysprosessin päästölähteet alkaen raaka-aineiden valmistuksesta ja päättyen valmiiseen pintaan. Luvussa

neljä on esitetty mahdollisia laskentamalleja asfaltin päästöjen määrittämiseen. Luvussa viisi on kuvattu tutkimuksen tavoite ja tutkimusmenetelmä. Luvussa kuusi on esitetty tutkimuksen tulokset eri laskentajen osalta ja optimointikeinot asfaltin CO<sub>2</sub>-päästöjen vähentämiseksi. Viimeisessä kappaleessa on työn yhteenveto ja jatkokehitysajat.

## 2 TUTKIMUKSEN TAVOITE JA MENETELMÄ

Tutkimuksen tavoitteena oli saada käsitys, mitkä ovat päällysteiden keskeiset CO<sub>2</sub>-päästölähteet. Keskeisten CO<sub>2</sub>-päästölähteiden tutkimiseen käytettiin eri laskentamalleja ja lähdeaineistoa. Tavoitteena oli saada hyvä käsitys siitä, kuinka tähän tutkimukseen valittujen laskentaohjelmistojen laskentamallit toimivat ja mitkä niiden erot ovat. Laskentamallien ymmärryksen avulla on tarkoitus suorittaa asfaltin tuotantoprosessin CO<sub>2</sub>-päästöjen optimointia.

Työn tarkoitus ja tutkimuskysymykset:

1. Tunnistaa päällysteiden keskeiset päästöjä aiheuttavat vaiheet
  - a. Miten asfalttia valmistetaan?
  - b. Mitä vaiheita päällystysprosessissa on?
  - c. Mitkä ovat asfaltin tuotannon ja päällystysprosessin keskeiset päästölähteet?
2. Selvittää laskentamallien soveltuvuutta asfalttialalle
  - a. Minkälaisia eroja laskentamalleilla on?
  - b. Minkälainen merkitys päästökertoimilla on päästölaskennassa?
3. Optimoida päällysteen CO<sub>2</sub>-päästöjä laskennan avulla
  - a. Millä keinoilla CO<sub>2</sub>-päästöjä voidaan optimoida asfalttialalla?

Työssä käsitellään eri laskentamallien soveltuvuutta asfalttialan päästöjen määrittämiseen. Laskentamallien eroja, yhtäläisyyksiä ja toimivuutta käsitellään työn tuloksissa. Toimivuuden tarkastelu perustuu tutkijan näkemukseen ja laskentojen vertailuun.

Työn tutkimusmenetelmänä oli kokeellinen tutkimus. Kokeellisella tutkimuksella tarkoitetaan luonteeltaan joko kokeellista, kaikki sen tunnusomaiset merkit täyttävää tai kvasikokeellista, jolloin kaikkia kokeellisen asetelman vaatimuksia ei täytetä toiminnallisten syiden takia. Kokeellinen tutkimusmenetelmä valittiin, koska tavoitteena oli tutkia jonkin ilmiön reaktiota johonkin tai vaikutusta johonkin. Tässä opinnäytetyössä tutkittiin laskentaohjelmiin tehtyjen muutoksien vaikutusta lopputulokseen. Kokeellisen asetelman tarkoituksena oli keskittyä laskentaohjelmien toimintaan ja saada tietoa niistä. Kokeellisessa tutkimuksessa havainnoitiin suoraa syy-yhteyttä haluttujen tekijöiden välillä. (Virtuaaliammatti-korkeakoulu 2018.)

Kokeellinen tutkimus suoritettiin siten, että laskentamallien laskennat pyrittiin toteuttamaan samoilla rajoituksilla, jotta tulosten vertailtavuus olisi mahdollista. Laskentamallien rajoitukset tehtiin siten, että ne edustaisivat todellisia tuotantotilanteita.



### 3 PÄÄLLYSTYSPROSESSI JA PÄÄSTÖLÄHTEET

Tässä kappaleessa käsitellään päällystysprosessia ja sen päästölähteitä alkaen asfalttimassan raaka-aineista ja päättyen asfaltin levitykseen työmaalla. Prosessin päästölähteet on pyritty havainnollistamaan kuvin ja erinäisin laskelmin, jotta tiedetään, mistä päästöjä syntyy ja minkä verran.

#### 3.1 Asfalttimassan raaka-aineet

Ennen asfalttimassan valmistamista täytyy massan raaka-aineet, kuten kiviaines ja bitumi, tuottaa ja kuljettaa asfalttiasemalle. Kappaleessa käydään läpi eri raaka-aineet sekä niiden aiheuttamat päästöt alkutuotannosta lähtien.

Asfaltin raaka-aineiden, asfalttimassojen ja -päällysteiden Suomessa käytettävät yleiset laatuvaatimukset esitetään PANK ry:n (Päällystealan neuvottelukunta) julkaisemassa Asfalttinormit-asiakirjassa. Normeissa esitetään myös täydentäviä ohjeita ja suosituksia laatuvaatimuksiin. Asiakirja on asfalttimassojen eurooppalaisten tuotestandardien kansallinen soveltamisohje. Asfalttinormeihin ei ole sisällytetty ympäristöasioihin liittyviä vaatimuksia.

##### 3.1.1 Bitumi

Bitumi on raakaöljyn tislauksessa syntyvä tuote. Sen kiehumispiste on 400 – 600 °C ja sitä käytetään tien- ja maanrakennuksessa asfalttimassan sideaineena sekä rakennusteollisuudessa muun muassa tiivisteinä, liimaukseen ja vedeneristeenä. Bitumi, kuten myös raakaöljy, on monimutkainen hiilivetyjen seos, joka sisältää korkean molekyylipainon omaavia aromaattisia yhdisteitä sekä alhaisen molekyylipainon omaavia parafiineja ja lukuisia muita erilaisia yhdisteitä. (PANK 2011a.)

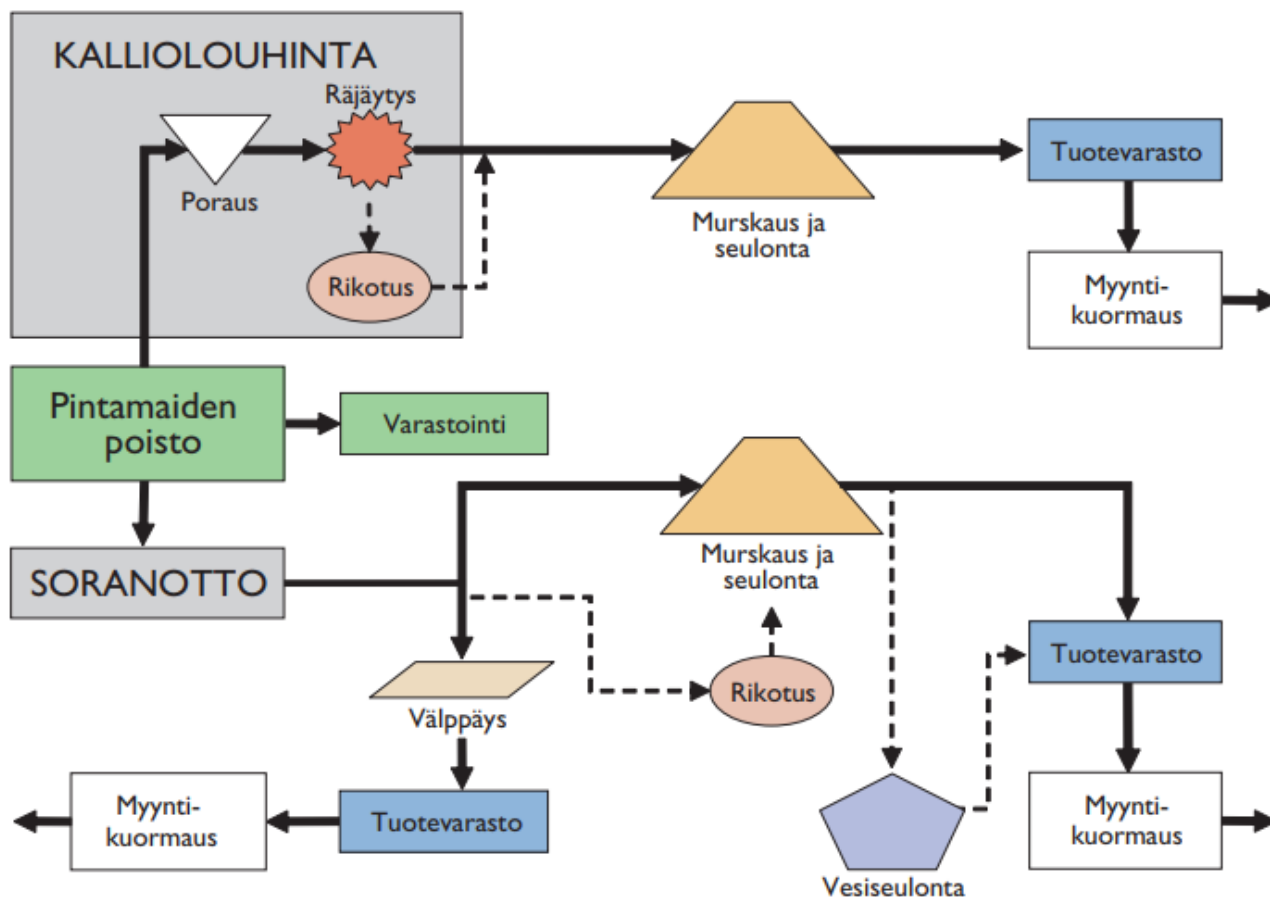
Bitumia muodostuu luonnossa orgaanisten aineiden muutosprosessien tuloksena, ja se on kerokeen kanssa luonnonasfaltin pääainesosia. Luonnon asfalttilähteitä esiintyy eri puolilla maailmaa, ja niissä voi olla hyvinkin korkea bitumipitoisuus. Luonnon asfalttilähteet ovat olleet alkuperäinen bitumin saan-

tolähde, joka on ollut ensimmäinen käyttöön tullut raakaöljytuote. Nykyisin näiden luonnon asfalttilähteiden käyttö on melko vähäistä, koska 1800-luvun lopulla raakaöljyn jalostaminen yleistyi. Bitumi valmistetaan nykyisin tislaamalla. (PANK 2011a.)

Bitumin valmistuksessa syntyy päästöjä monissa eri tuotannon vaiheissa. Aluksi bitumin raaka-aine eli maaöljy porataan öljyesiintymästä maanpinnalle ja sen jälkeen rahdataan tankkereilla öljynjalostamolle, jossa siitä aletaan valmistamaan tislaamalla bitumia. Tislaus vaatii korkean lämpötilan, joka saavutetaan öljypolttimien tuottamalla energialla. Valmistusprosessin jälkeen valmis bitumi kuljetetaan terminaaleihin ja sieltä asfalttiasemille käyttöä varten. (Eurobitume 2012.)

### **3.1.2 Kiviaines**

Tyypillisessä asfalttipäällysteessä on kiviainesta yli 90 %. Tavallisesti asfalttipäällysteen runkoaines koostuu sora- tai kalliomurskeesta, hiekasta ja täytejauheesta. Kiviaines on hyvin kulutusta kestävä, helposti saatavilla oleva materiaali. Suomessa asfalttipäällysteiden ja niiden raaka-aineiden laatuvaatimukset kuvataan asfalttinormeissa sekä päällystystöiden urakka-asiakirjoissa. Asfalttinormeissa määritellään myös kiviaineksen standardit, laatuvaatimukset ja eri kiviainesten määritellyt raja-arvot. Kiviaines luokitellaan sen rakeisuuden, puhtauden, lujuuden, rakeiden muotojen ja mineraalikoostumuksen avulla. (PANK 2011a.) Kiviaineksen valmistuksessa syntyy päästöjä monissa eri tuotantovaiheissa, jotka ovat kuvattu kuviossa 1.



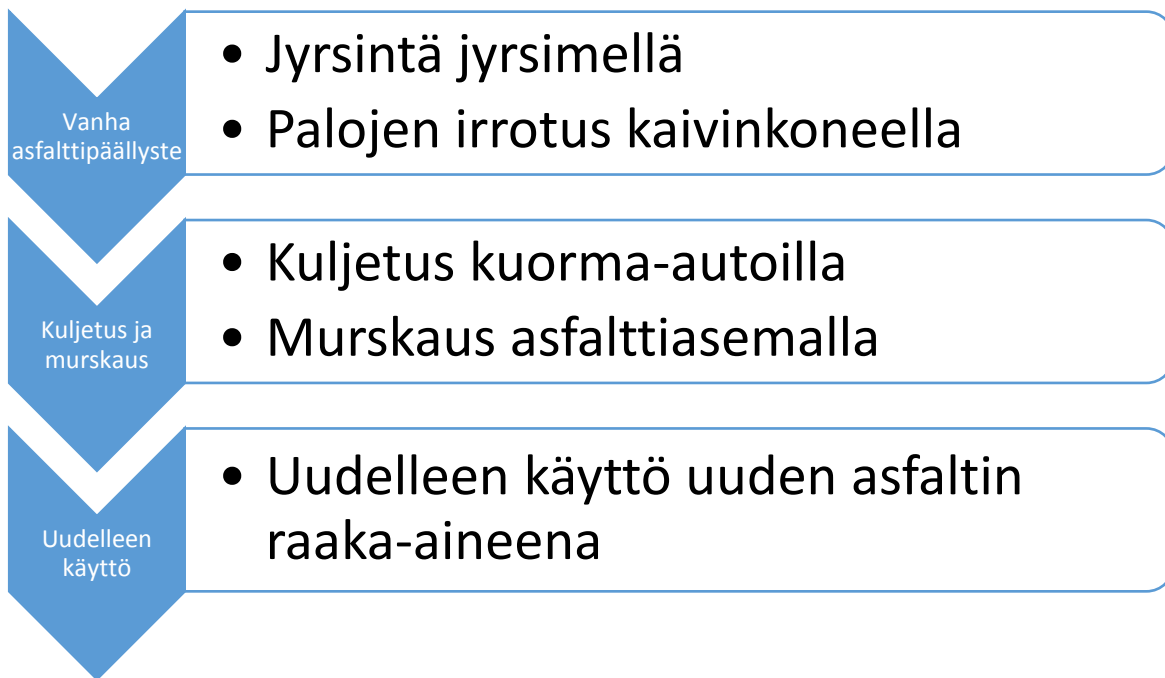
KUVIO 1. Prosessikaavio kiviainestuotannosta (Suomen ympäristökeskus, Juha Laurila 2010)

Aluksi tuotantoalueelta poistetaan pintamaat kaivinkoneella. Tämän jälkeen tehdään koneellisesti porausreikiä kalliin räjähteitä varten. Räjätymisen jälkeen isommat kivet rikotaan kaivinkoneen hydraulivasaralla eli niin sanotulla ”rammerilla”. Kun kivet on saatu sopivan kokoisiksi, ne syötetään erilaisten murskainten ja seulojen läpi, jotka tuottavat eri kokoisia ja laatuja murskeita. Kivenmurskaus kuluttaa yleensä joko kevyttä polttoöljyä tai suoraa ostosähköä tuotannon eri vaiheissa. (Suomen ympäristökeskus 2010.)

### 3.1.3 Muut asfaltin raaka-aineet

Asfalttimassan neutseellistä kiviainesta voidaan korvata myös kierrätetyllä asfaltilla, josta jäljempänä käytetään lyhennettä RC. Vanhoja asfalttipäällysteitä kertyy paloina ja jyrsinrouheina muun muassa

päällystyömailta tai kunnallistekniikan saneerauskohteista, joissa asfaltin poistoon käytetään joko kaivinkonetta tai asfalttijyrsintä. Jyrsinnan tai palojen irrottamisen jälkeen purettu asfaltti kuljetetaan kuorma-autoilla asfalttiasemalle murskausta varten. Kuviossa 2 on kuvattu vanhan päällysteen kulku osaksi uutta päällystettä päästölähteet huomioiden.



KUVIO 2. Vanhan asfalttipäällysteen kierto osaksi uutta päällystettä

Murskauksen jälkeen asfalttimurske on valmista käytettäväksi osana uutta asfalttipäällystettä. Tyypillisesti kierrätetyn asfalttirouheen määrä uudesta asfalttimassasta on noin 15 – 50 % riippuen asfalttiaseman tekniikasta ja urakka-asiakirjojen vaatimuksista. (PANK 2011b.)

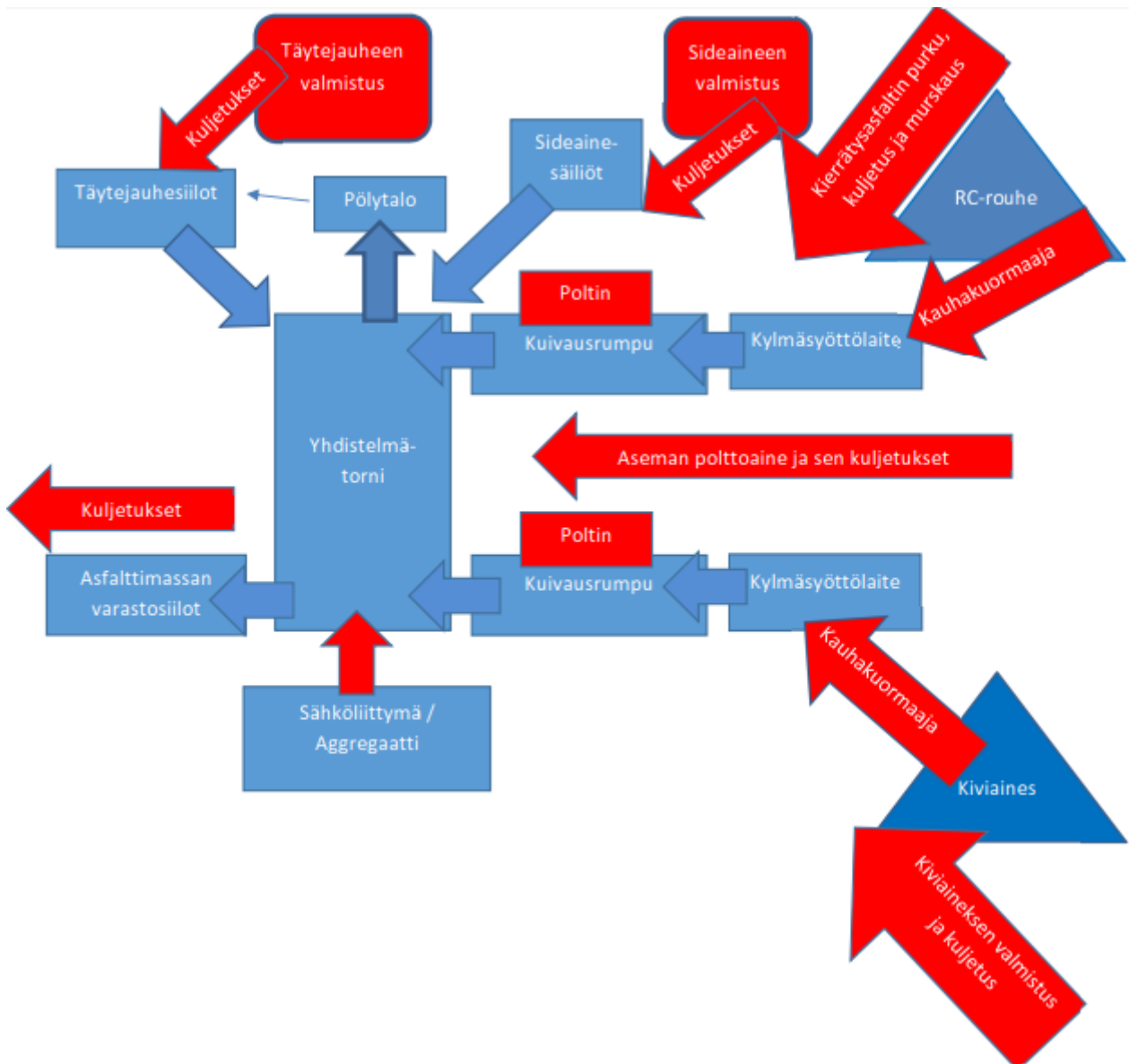
Laskennassa otetaan huomioon jyrsinnästä sekä jyrsinrouheen kuljetuksesta tulevat päästöt. Myös kierrätetyn asfalttirouheen ansiosta saatavat päästövähennykset on huomioitu tämän työn laskennoissa.

Asfaltin valmistuksen muita raaka-aineita ovat myös mm. kalkkikivijauhe, asfalttikuidut, tartukkeet ja mahdolliset muut lisäaineet. Kalkkikivijauheen tuotanto alkaa louhinnasta, jossa kalkkikiveä louhitaan joko räjäyttämällä tai koneellisesti kaivinkoneella työstämällä kalliosta. Louhinnan jälkeen kalkkikivi kuljetetaan joko hihnalla tai dumppereilla karkeamurskaukseen, josta se etenee jatkojalostukseen lajittelun ja seulonnan kautta. Seulonnan jälkeen kalkkikiveä pystytään alkaa jauhamaan erilaisissa myllyissä, joiden lopputuotteena on kalkkikivijauhe. (Nordkalk 2018, PANK 2011b.)

### 3.2 Asfalttimassan valmistusprosessi

Asematyypit voidaan jakaa kahteen pääryhmään; annosasemiin ja jatkuvatoimisiin asfalttiasemiin. Näistä kahdesta on lisäksi olemassa johdettuja muunnelmia. Annosasema on yleisin Suomessa käytössä oleva asfalttiasematyyppi. Asfalttiasemat jaetaan myös käyttötarkoituksensa mukaan kiinteisiin ja siirrettäviin asemiin. Alun perin kiinteiksi tarkoitetut asemat rakennettiin sijoittamalla rakenne-elementit päällekkäin tornimuodostelmaan ja siirrettävät asemat peräkkäin samalle tasolle. Nykyisin siirtotekniikan kehittyessä näiden välinen raja on hämärtynyt, ja asemissa pystytään hyödyntämään samoja elementtejä riippumatta, onko asema kiinteä vai siirrettävä. (PANK 2011b.)

Asfalttiaseman toiminta ja prosessin päästölähteet on kuvattu kuviossa 3. Punainen väri kuvaa prosessissa päästölähdettä. Annosperiaatteella toimivassa asfalttiasemassa kiviaines syötetään lajikkeittain esimerkiksi kuormaajalla syöttölaitteen siiloihin. Tämän jälkeen kivilajikkeet suhteutetaan siiloista siilokohtaisilla syöttöhihnoilla kokoojahihnalle halutun asfalttilaadun reseptin mukaan. Kokoojahihnalta kiviaines kulkee vinohihnalle, josta kiviaines siirtyy kuivausrumpuun. Siellä kiviainesta lämmitetään, jotta kosteus saadaan haihdutettua. Lämmityslähteenä toimii pääsääntöisesti öljypoltin, joka käyttää polttoaineena raskasta tai kevyttä polttoöljyä. Myös biopolttoaineet ovat mahdollisia polttoainevaihtoehtoja. Savukaasuumurin paine-eron avulla kiviainesrummun poistokaasut siirtyvät suodattimeen. Poistokaasun mukana tuleva kivipöly erotetaan suodattimessa suodatinpussin avulla. Savukaasuumuri poistaa puhdistetun prosessikaasun ulos ulkoilmaan. Suodattimen pohjalla olevalla kierukkakuljettimella eroteltu kivipöly siirretään varastosiiloon, jotta sitä voitaisiin käyttää myöhemmin asfalttimassan täyteaineena. Kiviaines kuljetetaan kuivausrummusta elevaattorilla seulalle, joka seuloa kiviaineksen raekoon mukaisesti kuumasiiloihin. (PANK 2011b.)



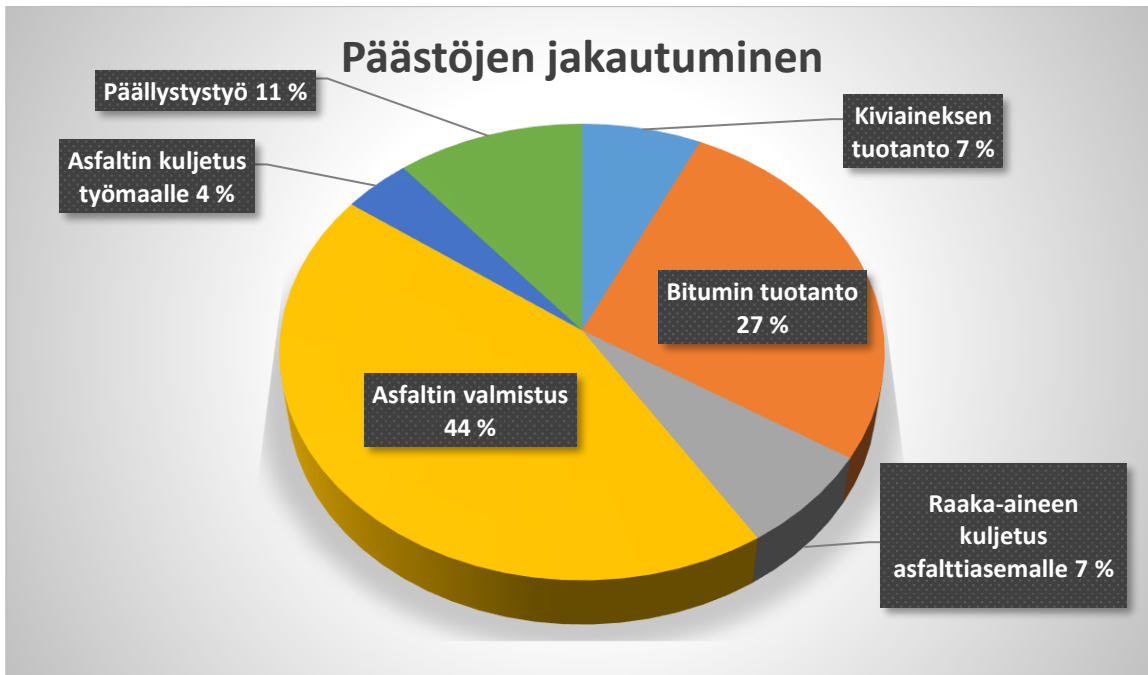
KUVIO 3. Annosperiaatteella toimiva kaksirumpuinen torniasema (PANK 2011b mukailten) lisättynä prosessin päästölähteillä

Varsinainen asfaltin valmistus alkaa kuumasiilojen jälkeen. Tässä vaiheessa asfaltin eri komponentit punnitaan ja sekoitetaan halutun asfalttimassan reseptin mukaisesti. Asfalttimassan ainesosia ovat seulottu kiviaines, asfalttirouhe, täyteaine kuten prosessipöly, kalkkijauhe tai joissakin määrin lentotuhka sekä bitumi. Kaikki edellä mainitut ainesosat punnitaan kukin omilla vaaioilla. Punnituksen jälkeen ainesosat siirtyvät sekoittajaan, jossa komponentit sekoitetaan tasalaatuiseksi asfalttimassaksi. Sekoituksen jälkeen asfalttimassa on valmista, ja massa voidaan siirtää joko massasiiloon odottamaan kuljetusta tai se voidaan lastata suoraan kuorma-auton lavalle ja siirtää lopulliseen käyttökohteeseen. (PANK 2011b.)

Jatkuvatoiminen asema poikkeaa annosperiaatteella toimivasta asemasta siten, että siinä kiviaineslajikkeet syötetään kuivausrumpuun jatkuvatoimisilla tilavuuden tai massan säätöön perustuvilla syöttölaitteistolla. Jatkuvatoimiselle asemalle on myös ominaista, että kuumennettua kiviainesta ei enää seulota, vaan raaka-aineet sekoitetaan kiviaineksen kanssa samassa rummussa kuivauksen jälkeen. Muilta osin jatkuvatoiminen asema voi olla toiminnaltaan annosperiaatteella toimivan aseman kaltainen. Asfalttiasemissa voidaan myös käyttää erillistä rumpua, jonka tarkoituksena on kuivata kierrätysasfaltti, ja sitä kautta johtaa se uuden massan sekaan. (PANK 2011b.)

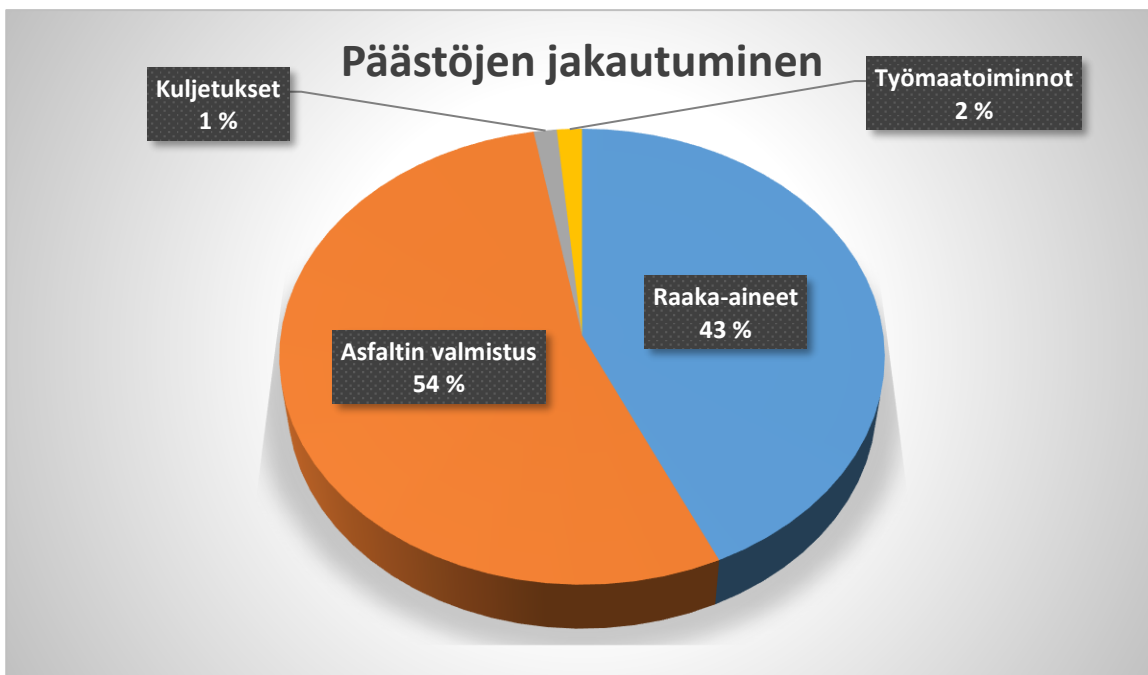
Pekka Hujanen (2016) haastatteli diplomityössään Lemminkäinen Infra Oy:n tutkimusjohtajaa Lars Forsténia, joka totesi, että asfalttipäällysteen valmistamisessa syntyy kahta erilaista päästötyyppiä; bitumihiuurt ja -höyryt sekä hiilidioksidipäästöt. Näitä päästötyyppejä ei pidä sekoittaa keskenään. Bitumista koostuvia päästöjä sekä erinäisiä pölyjä syntyy, kun raaka-aineista irtoaa kemiallisia yhdisteitä tai partikkeleita kuumennettaessa. Hiilidioksidipäästöjä syntyy, kun asfaltin raaka-aineiden kuumennukseen käytettävien fossiilisten polttoaineiden palamisen yhteydessä vapautuu hiilidioksidia. Yleisessä käytössä olevia fossiilisia polttoaineita ovat maakaasu sekä kevyet ja raskaat polttoöljyt. Käytettävän polttoaineen määrä on suoraan verrannollinen hiilidioksidipäästön määrään. Päällysteen hiilijalanjälki koostuu suuressa määrin valmistusprosessista johtuvista päästöistä.

Päällysteen hiilijalanjälkikuvaajasta (KUVIO 4) voidaan päätellä, että jos halutaan vähentää hiilidioksidipäästöjä päällysteen koko prosessin osalta, on syytä kehittää asfaltinvalmistuksen tekniikoita. Kierrätysasfaltin käyttö sekä alemmassa lämpötilassa valmistettu asfalttimassa alentavat tehokkaasti hiilidioksidipäästöjä. (Walch 2015.)



KUVIO 4. Päästöjen jakautuminen asfaltin valmistuksessa (Walchin 2015 mukaan)

Päästöjen lähtötiedoissa on myös monia eroavaisuuksia eri maiden välillä. Kuviossa 5 on esitetty kiinalaisen tutkijaryhmittymän tekemän tutkimuksen tuloksia asfaltin päästölähteistä.



KUVIO 5. Päästöjen jakautuminen eri osiin asfaltin valmistuksessa (Ma F, yms. 2016 mukaan)



Näiden kahden päästölähteiden osuuksien määrittelyn perusteella voidaan päätellä, että yksiselitteisiä päästökertoimia tai laskentamalleja ei ole sovellettu asfalttialalla.

### 3.3 Päällystystyömaatoiminnot

Päällystystyömaatoimintoihin sisältyy valmiin asfalttimassan kuljetus työmaalle kuorma-autoilla, vanhan asfalttipinnan jyrshintä jyrsimellä, jyrstyn pinnan harjaaminen harjakoneella, alustan liimaus liimaruiskulla asfalttimassan levitys levittimellä sekä levitetyn päällystekerroksen tiivistäminen jyrillä. Jälki- töitä, kuten tiemerkintöjä tai kaidetöitä ei oteta huomioon tämän työn laskennoissa.

Lähtötietoina työkoneiden ja kuljetuskaluston päästökertoimien vertailuun käytetään VTT:n Lipasto- tietokantaa. Valmis asfalttimassa kuljetetaan asemalta työmaalle kuorma-autoilla. VTT:n Lipasto-järjes- telmän yksikköpäästötietokannan mukaan EURO6-luokituksella olevan kuorma-auton CO<sub>2</sub>-päästö ki- lometriä kohden on 735 grammaa maantieajossa täydellä kuormalla. Jos päästö muutetaan grammaa/kul- jetettua tonnia kohden, on tulos 39 grammaa / kuljetettu tonni / kilometri. Taulukoissa 1 ja 2 on esitetty EURO6 ja EURO4-luokituksen CO<sub>2</sub>-päästöjä eri kuljetusmuodoilla. Taulukossa 3 on esitetty CO<sub>2</sub>- päästövähennys prosentteina, kun vertaillaan EURO6:tta EURO4:ään.

(VTT 2017.)

TAULUKKO 1. Eri kuljetusmuotojen päästöt EURO6-luokituksella (VTT 2017)

Käytettävä kalusto EURO6 (kuorman koko)	CO <sub>2</sub> -päästö tyhjällä kuormalla g/km	CO <sub>2</sub> -päästö täydellä kuormalla g/km	CO <sub>2</sub> -päästö täydellä kuormalla g/tkm
Kuorma-auto (19t) katuajo	819	1367	72
Kuorma-auto (19t) maantieajo	541	735	39
Puoliperävaunu (25t) katuajo	951	1641	66
Puoliperävaunu (25t) maantieajo	613	866	35
Yhdistelmäajoneuvo (40t) katuajo	1207	2178	52
Yhdistelmäajoneuvo (40t) maantieajo	768	1178	29

TAULUKKO 2. Eri kuljetusmuotojen päästöt EURO4-luokituksella (VTT 2017)

Käytettävä kalusto EURO4 (kuorman koko)	CO <sub>2</sub> -päästö tyhjällä kuormalla g/km	CO <sub>2</sub> -päästö täydellä kuormalla g/km	CO <sub>2</sub> -päästö täydellä kuormalla g/tkm
Kuorma-auto (19t) katuajo	812	1364	72
Kuorma-auto (19t) maantieajo	541	742	39
Puoliperävaunu (25t) katuajo	951	1642	66
Puoliperävaunu (25t) maantieajo	619	954	38
Yhdistelmäajoneuvo (40t) katuajo	1218	2184	55
Yhdistelmäajoneuvo (40t) maantieajo	784	1190	30

TAULUKKO 3. CO<sub>2</sub>-päästövähennys prosentteina verrattuna EURO6:ta EURO4:ään.

EURO 4 vs. EURO6	CO <sub>2</sub> -päästö tyhjällä kuormalla %	CO <sub>2</sub> -päästö täydellä kuormalla %	CO <sub>2</sub> -päästö täydellä kuormalla (g/tkm)%
Kuorma-auto (19t) katuajo	0,9	0,2	0,0
Kuorma-auto (19t) maantieajo	0,0	-1,0	0,0
Puoliperävaunu (25t) katuajo	0,0	-0,1	0,0
Puoliperävaunu (25t) maantieajo	-1,0	-10,2	-8,6
Yhdistelmäajoneuvo (40t) katuajo	-0,9	-0,3	-5,8
Yhdistelmäajoneuvo (40t) maantieajo	-2,1	-1,0	-3,4

Lipaston tietokannassa kuorma-auton kuorman koko on 19 tonnia. Lipaston tietojen perusteella voidaan päätellä asfaltin kuljetuksen CO<sub>2</sub>-kokonaispäästömäärä keskimääräisellä työmaalla. Päästöjen kokonaisuutena vaikuttaa työmaan etäisyys asfalttiasemasta sekä käytettävän kaluston EURO-luokitus. Tämän työn laskennoissa vertaillaan EURO6- ja EURO4-luokituksen kalustoa ja niiden CO<sub>2</sub>-päästöjen eroja. (VTT 2017.)

Tässä työssä päällystyömaan päästöjä vertaillaan eri kokoisten levitysryhmien kokoonpanoilla. Kokoonpanoissa vaihdellaan jyrien ja levittäjien määriä. Myös kuljetuskaluston EURO-luokkien vaikutusta vertaillaan CO<sub>2</sub>-kokonaispäästöjen osuuksista. Tarkempi CO<sub>2</sub>-päästövähennyslaskelma tehdään myöhemmissä kappaleissa. CO<sub>2</sub>-päästölaskelmissä on käytetty kaluston päästöjen osalta lähtökohtaisesti laskentamallien omia lähtötietoja. Lähtötietoja on täydennetty Lipaston tiedoilla tarpeen mukaan. Päällystys-työmaatoimintojen ja kuljetuskaluston polttoainevaihtoehtoja on vertailtu myöhemmissä laskennoissa.

## 4 LASKENTAMALLIEN KÄYTTÖ PÄÄLLYSTEEN PÄÄSTÖJEN LASKENNASSA

Eri laskentamalleja on testattu Liikenneviraston toimesta vuonna 2017. Tällöin testattiin kolmen eri laskentamallin käytettävyyttä päällysteen hankinnan vertailua varten. Testivaiheen laskentamalleiksi valittiin brittiläisvalmisteinen asPECT, Ruotsin Trafikverketin EKA-työkalu ja suomalainen One Click LCA. (Liikennevirasto 2017.)

Jos päästölaskentamalleja käytetään julkisen hankinnan apuna, täytyy tulostietojen olla tarpeeksi tarkkoja hankinnan kohdistamiseen. Vertailukelpoisen laskennan saa suoritettua vain käyttämällä samaa laskentamallia. Päästölaskenta koostuu määrätiedoista, päästökertoimista, rajauksesta ja laskentamenetelmästä; näiden oikeaoppinen käyttö on erityisen tärkeää laskennan tarkkuuden kannalta. Ennen päästölaskennan perusteella suoritettavaa kilpailutusta on varmistuttava, että edellä mainitut tekijät tunnetaan riittävällä tasolla, jotta tarjoajien tasavertainen kohtelu kilpailuvaiheessa pystytään varmistamaan. (Liikennevirasto 2017.)

Laskentatyökalujen käyttö edellyttää perustietoja asfalttimassan valmistuksen vaatimista raaka-aineista ja energiavirroista sekä myös raaka-aineiden kuljetuksia koskevat tiedot. Osa laskentamalleista vaatii laskentaa varten tarkkoja prosessitekniisiä tietoja, kuten asfalttimassan sekoitusajoja. Lisäksi joihinkin laskentamalleihin tarvitaan raaka-aineiden valmistamista koskevia tietoja tai vaihtoehtoisesti niiden CO<sub>2</sub>-päästöt voidaan lisätä manuaalisesti, koska osassa laskentaohjelmista ei löydy kaikkia lähtötietoja, joita tarvitaan kokonaisvaltaisen laskennan tuottamiseen. Esimerkiksi EKA-mallin laskentatyökalu sisältää paljon oletusarvoja, joita voidaan hyödyntää laskennassa, jos oman laskennan lähtötiedot ovat puutteelliset. (Liikennevirasto 2017.)

Tässä työssä keskitytään kolmeen (EPD, EKA ja asPect) laskentamalliin ja pyritään saamaan niiden kautta ymmärrys päästöjen muodostumisesta. Laskennat pyritään suorittamaan samoilla rajauksilla, jotta laskentojen vertailu olisi mahdollista.

### 4.1 EPD-laskenta yleisesti

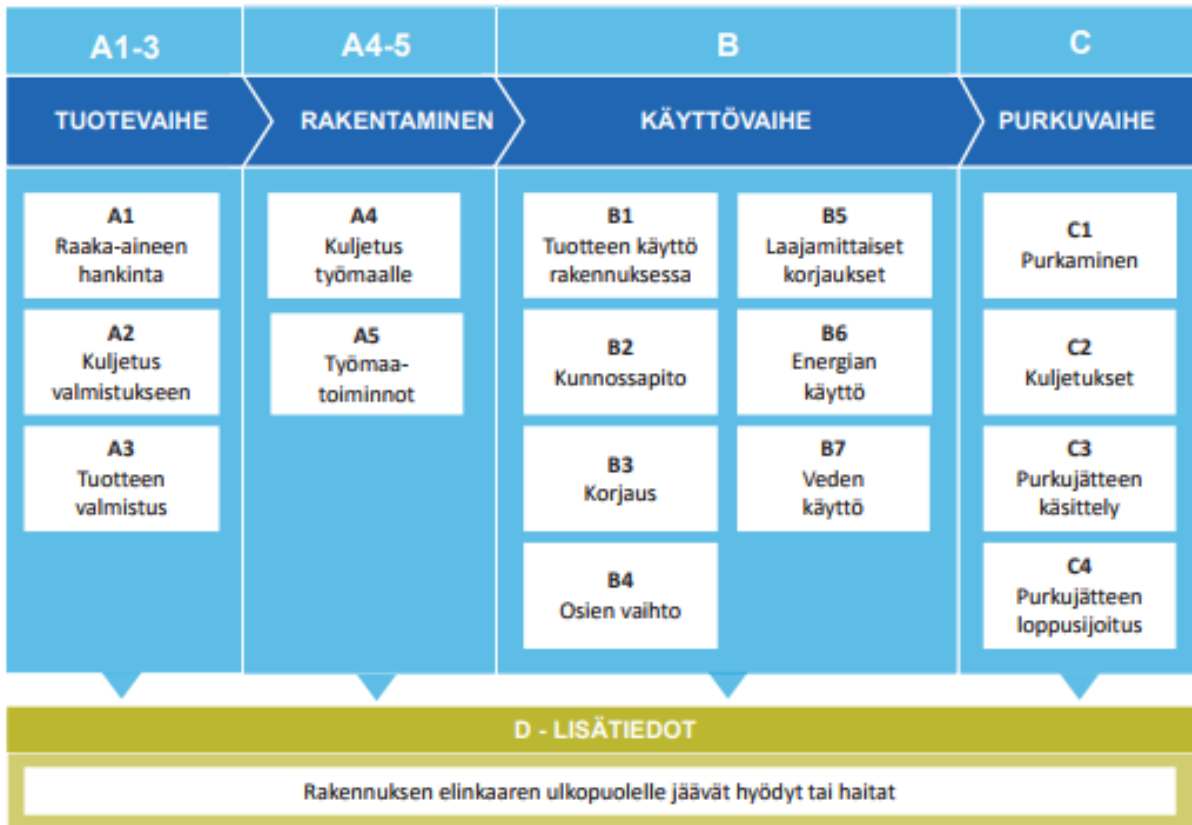
Environmental Product Declaration eli EPD (suomeksi Ympäristöseloste) on koostettu tuotteen sekä sen sovelluksien tarkasta, varmennetusta ja todenmukaisesta ympäristötiedosta. EPD:n lähtökohtana on elinkaariarviointi, jossa on esitetty vähintään raaka-aineiden hankinnasta, kuljetuksesta valmistukseen ja itse

valmistuksesta sekä mahdollisesta rakennusvaiheesta ja rakennuksen purkuvaiheesta aiheutuvat ympäristövaikutukset. Tuotteesta tai sen sovellutuksista johtuvia ympäristövaikutuksia kuvataan standardin SFS EN 15804:n mukaisilla määreillä, joita ovat muun muassa otsonikato, ilmaston lämpeneminen, happamoituminen ja rehevöityminen. EPD:ssä luonnonvarojen käyttöä koskevat indikaattorit ovat muun muassa uusiutumattoman primäärienergian kokonaiskäyttö ja uusiutuvan primäärienergian kokonaiskäyttö, käytetyt kierrätysmateriaalit sekä veden kokonaiskulutus. (Vahänen 2015.)

On tärkeää, että elinkaariarvioinnissa pyritään hyödyntämään ensisijaisesti raaka-aineiden toimittajien tietoja, tuotteita valmistavien tehtaiden käyttötietoja ja rakennustuotteen käytön sekä loppusijoituksen aikaisia tietoja. Tämän ansiosta saadaan mahdollisimman tarkka ja paikkansa pitävä laskelma rakennustuotteen ympäristövaikutuksista. Laskennan apuna voi käyttää myös erilaisia yleisesti hyväksytyjä tietokantoja. Ympäristöselosteessa käytettävien tietojen lähde sekä arvot täytyy esittää mahdollisimman tarkasti. (Vahänen 2015.)

EPD-laskennan projektiraportin kuuluu olla systemaattinen ja riittävän laaja yhteenveto projektidokumentaatiosta, ja sen tulee tukea ympäristöselosteen todentamista. Raportin tulee todentaa, että ympäristöselosteessa julkaistut elinkaariarvioon pohjautuvat tiedot ja informaatio sekä lisätiedot täyttävät standardin SFS-EN 15804:n vaatimukset. EPD-projektiraportti on todennettava ulkoisen todentajan avulla. (SFS-EN 15804.)

Projektiraporttiin tulee sisällyttää kaikki ympäristöselosteessa julkaistavien tietojen kannalta tärkeät tiedot standardin mukaisesti. Erityistä huolellisuutta tulee noudattaa läpinäkyvyyden osoittamiseen sen osalta, miten ympäristöselosteessa ilmoitetut tiedot on muodostettu elinkaarianalyysistä ja kuinka pitkä käyttöikä kohteelle on määritelty. (SFS-EN 15804). Kuviossa 6 ja taulukossa 4 käydään läpi elinkaaren vaiheita ja EPD-laskennan sääntöjä.



KUVIO 6. Kuvaaja elinkaaren vaiheista (Liikennevirasto 2017)

Standardin SFS-EN 15804 + A1:2014 mukaisesti pakollisina tulee esittää moduulit A1-A3 (raaka-aineiden hankinta, kuljetus valmistukseen, valmistus). Lisäksi menetelmäohjeen (RTS PCR) mukaisesti ympäristöselosteeseen (RTS EPD) tulee sisällyttää moduuleja A4, C1, C2, C3, C4 ja D seuraavien sääntöjen ja ehtojen mukaisesti:

TAULUKKO 4. EPD-laskentaa varten tarvittavat tiedot ja säännöt (Rakennustietosäätiö RTS 2018, SFS-EN 15804)

Moduuli	Kuvaus EN 15804	Säännöt ja ehdot PCR
<b>A1 Raaka-aineen hankinta</b>	Sisältää raaka-aineiden hankinnan ja prosessoinnin sekä edeltävien tuotejärjestelmien uudelleenkäytön	Pakollinen moduuli.
<b>A2 Raaka-aineen kuljetus valmistukseen</b>	Kuljetukset tehtaan portille ja sisäiset kuljetukset	Pakollinen moduuli.
<b>A3 Valmistusprosessi</b>	Sisältää tuotteiden ja sivutuotteiden valmistuksen sekä pakkausmateriaalin valmistuksen ja pakkauksen	Pakollinen moduuli.

(Jatkuu)

TAULUKKO 4. EPD-laskentaa varten tarvittavat tiedot ja säännöt (Rakennustietosäätiö RTS 2018, SFS-EN 15804) (Jatkoa)

Moduuli	Kuvaus EN 15804	Säännöt ja ehdot PCR
<b>A4 Kuljetukset työmaalle ja sen ympäristö- vaikutukset</b>	Kuljetus tehtaan portilta työmaalle.	Ilmoitettava, jos ympäristövaikutukset ovat yli 20 %:a GWP-arvon osalta kuin A1-A3-moduulien GWP-arvoihin verrattuna.
<b>A5 Työmaa- toiminnot</b>	Tuotteen asennus sisältäen apumateriaalien valmistuksen ja kuljetuksen sekä asennuksessa tai työmaan toiminnassa tarvittavan energian ja veden. Sisältää myös työmaalla tarvittavat toiminnot esim. tuotteen muokkaaminen työmaalla, nostot ja siirrot.	
<b>B1 Tuotteen käyttö rakennuk- sessa</b>	Kattaa rakennusten rakenneosion aiheuttamat ympäristövaikutukset normaaleissa käyttöolosuhteissa.	
<b>B2 Kunnossa- pito</b>	Sisältää suunnitellut hoito- ja kunnossapitotoimenpiteet, joilla tuote tai sen osat pidetään sillä tasolla, että sille asetetut teknilliset ja toiminnalliset vaatimukset täyttyvät.	
<b>B3 Korjaus</b>	Sisältää toimenpiteet, joilla tuote tai sen osat korjataan sille tasolle, että sille asetetut teknilliset ja toiminnalliset vaatimukset täyttyvät.	
<b>B4 Osien vaihto</b>	Sisältää toimenpiteet, joilla tuote tai sen osat korjataan sille tasolle, että sille asetetut teknilliset ja toiminnalliset vaatimukset täyttyvät.	
<b>B5 Laajamittai- set korjaukset</b>	Sisältää laajamittaiset toimenpiteet, joilla tuote tai sen osat korjataan tai uusitaan sille tasolle, että sille asetetut teknilliset ja toiminnalliset vaatimukset täyttyvät.	
<b>B6 Energian käyttö</b>	Kattaa tuotteeseen integroitujen järjestelmien energian, esim. rakennuksen erilaiset järjestelmät (lämmitys, jäähdytys ja ilmanvaihto yms)	
<b>B7 Veden käyttö</b>	Kattaa tuotteeseen integroitujen järjestelmien veden käytön.	
<b>C1 Purkaminen</b>	Mukaan lukien materiaalin, tuotteen tai rakennusosan korvaamisen, irrottamisen tai purkamisen ja sisältäen jätteiden lajittelun.	
<b>C2 Kuljetukset</b>	Sisältää poistetun materiaalin, tuotteen tai rakennusosan kuljetuksen osana jätteenkäsittelyä joko kierrätysmateriaalin käsittelypaikalle tai jätteen loppusijoituspaikalle.	
<b>C3 Purkujätteen käsittely</b>	Sisältää materiaalivirtojen jätteenkäsittelyn uudelleenkäyttöä, materiaalikierrätystä tai energiasisällön hyödyntämistä varten.	On pakollinen, jos hiilidioksidin sitoutuminen on laskettu mukaan moduulissa A1.
<b>C4 Purkujätteen loppusijoitus</b>	Sisältää loppusijoituksen tai uudelleen käytön päästöt tai päästövähennykset.	
<b>D Lisätiedot</b>	Uudelleenkäyttö, hyödyntäminen, kierrätys	Jos moduulissa D ilmoitetaan materiaali-kierrätyksen hyötyvaikutukset tai muun materiaalin hyödyntämisen vaikutukset, moduuleista C1-C4 tulee sisällyttää olennaiset ympäristövaikutuksia aiheuttavat osat:

Elinkaariarvioinnin pohjana on, että kaikki tulokset, lähtötiedot, menetelmät, oletukset, rajaukset ja johdopäätökset on raportoitu täsmällisesti ja neutraalisti. Tiedot on ilmoitettava läpinäkyvästi ja tarkasti, jotta niiden ulkopuolinen riippumaton todentaminen on mahdollista, ja että niiden perusteella voidaan saada käsitys elinkaariarvioinnin monimutkaisuudesta ja tehdyistä valinnoista. Raportin olisi lisäksi mahdollistettava tulosten ja tulkintojen käyttö kyseisessä ympäristöselosteessa julkaistavien tietojen ja lisäinformaation tukena. (Rakennustietosäätiö RTS 2018, SFS-EN 15804.)

Kuten aikaisemmin mainituista tiedoista voidaan päätellä, on EPD-laskenta melko raskas prosessi. Laskenta tulisi myös suorittaa ja todentaa jokaiselle erilaiselle asfalttityypille. Tässä työssä ei suoriteta EPD-laskentaa.

#### **4.2 EKA-mallin laskenta yleisesti**

Laskentamalli on Ruotsin liikenneviranomaisen kehittämä arviointityökalu elinkaarianalyysiä varten. EKA eli Energi och Koldioxid i Asfaltproduktion on osa vuosina 2012-2014 Trafikverketin toiminutta projektia, jossa oli tarkoitus löytää keinoja liikennesektorin energiankulutuksen vähentämiseksi. Arviointityökalu on suunniteltu alun perin käytettäväksi Ruotsissa. (Liikennevirasto 2017.)

Työkalun avulla pystytään laskemaan asfaltin valmistuksen sekä sen levitystyön aikaisen energiankulutus ja CO<sub>2</sub>-päästöt. Arviointityökalua voidaan hyödyntää asfalttityypin valinnassa sekä asfalttiteollisuuden kehitystyössä. Työkalu sisältää päällysteen tiedot sisältäen kiviainekset, sideaineet ja lisäaineet. Ohjelman avulla on tarkoitus pyrkiä vähentämään energiankulutusta ilman, että päällysteen laatu kärsisi. Ohjelma on ilmainen ja sen saa Trafikverketiltä pyydettäessä. (Liikennevirasto 2017.)

Työkalussa käytettävä taustadata on kerätty useasta eri lähteestä ja ne kuvaavat pääosin ruotsalaisia ja eurooppalaisia materiaaleja ja prosesseja. Työkalun avulla pystytään laskemaan CO<sub>2</sub>-päästöt raaka-aineiden valmistamisesta alkaen. Ohjelma ottaa huomioon esimerkiksi bitumin valmistuksen, sen kuljetamisen ja kiviaineksen louhimisen sekä murskauksen. Ohjelmassa on myös työkoneiden toimittajien tuottamat tiedot koneiden päästöistä. (Liikennevirasto 2017). Taulukossa 5 käydään läpi, mitä lähtötietoja tarvitsee määrittää laskentaa varten. Kuvassa 1 on kuvattu EKA-arviointityökalun aloitussivu, jonka kautta laskennan tietoja päästään muuttamaan.




## TAULUKKO 5. Laskentaa varten tarvittavat tiedot

Kategoria	Lähtötieto
Tuotanto	Asfalttiaseman energian kulutus
	Asfalttiaseman kokonaistuotantomäärä ja tuotantonopeus
	Asfaltin resepti
Raaka-aineiden valmistus	Louhinta
	Murskaus
Työmaatoiminnot	Kohteen koko / teho
	Työryhmän koko / kalusto
Kuljetuskalusto	Kiviaineksen kuljetus
	Bitumin kuljetus
	Asfalttimassan kuljetus

LCR D.J. & Proservit V 1.1  
 Viimeisin tallennus: 2017-01-10, 10:31

**Aloitussivu**

Kaluston tekniset tiedot	Koneiden käyttö- ja kulutus	Muuta huomiotava.
<input type="button" value="Poraukset"/> <input type="button" value="Louhintatiedot"/> <input type="button" value="Kaivinkone"/> <input type="button" value="Murskauslaitos"/> <input type="button" value="Dumpperi"/> <input type="button" value="Pyöräkuormaaja"/> <input type="button" value="Dieselgeneraattori"/> <input type="button" value="Asfalttiasema"/> <input type="button" value="Jyrsinkalusto"/> <input type="button" value="Härjäskalusto"/> <input type="button" value="Liimauskalusto"/> <input type="button" value="Asfaltin levitin"/> <input type="button" value="Jyräyskalusto"/> <input type="button" value="Muu päällystyskalusto"/> <input type="button" value="Kaiteet ja tiemerkintä"/> <input type="button" value="Kuljetuskalusto"/> <input type="button" value="Hiilidioksidipäästöarvot"/>	<input type="button" value="Louhinta"/> <input type="button" value="Murskaus"/> <input type="button" value="Asfaltinvalmistus"/> <input type="button" value="Päällystys"/> <input type="button" value="Kaiteet ja tiemerkintä"/> <input type="button" value="Kuljetuskalusto"/>	<input type="button" value="Yhteenveto"/> <input type="button" value="Liikenteen kuormitus"/> <input type="button" value="Hiilidioksidiekvivalentti"/>



Tällä ohjelmalla voidaan laskea kulutus ja päästö asfaltin valmistukseen liittyvistä prosesseista aina valmiiseen päällysteeseen asti. Kulutuksen ja päästön laskentaa voidaan ottaa mukaan yksi tai useampi prosessi.

Kohdasta Kaluston tekniset tiedot löytyy tiedot koneista sekä kulutuksista. Tähän voidaan syöttää tarvittaessa myös lisää tietoa.

Kohdasta Prosessikuvaukset löytyy eri prosessi kallon louhinnasta tien päällystämiseen.

Kohdasta Koneiden käyttö- ja kulutustiedot valitaan mitä koneita eri prosesseissa on käytetty ja mitkä ovat niiden kulutustiedot.

Kohdasta Muuta löytyy yhteenveto prosessien hiilidioksidipäästöistä ilmoitettujen kalusto- ja tuotantotietojen mukaisesti.

**Ylläpito**

Kuva 1. EKA-arviointityökalun aloitussivu

Laskenta tuottaa seuraavat tulokset;

- Kokonaispäästöt sekä päästöt materiaaleittain
- Kokonaisenergiankulutuksen
- Kuvaajia päästöjakaumista
- Yhteenvedot prosesseittain

(Liikennevirasto 2017)

EKA-mallin laskentaohjelma on ilmaiseksi saatavissa, ja se toimii Excel-pohjaisesti. Se on myös helposti muokattavissa ja sen laskukaavat ovat näkyvissä.

### **4.3 AsPect-laskenta lyhyesti**

AsPect eli Asphalt Pavement Embodied Carbon Tool on Iso-Britanniassa kehitetty laskentaohjelmisto asfalttipäällysteiden hiilijalanjäljen määrittämiseen. Laskentaohjelmisto on vuosina 2008 – 2011 toiminut tutkimuksen lopputulos. Tutkimus tähtäsi kyseisen ohjelmiston kehittämiseen, koska Iso-Britanniasta puuttui täysin ohjelmisto ja laskentamalli asfaltin päästöjen määrittämiseen. Ohjelma julkistettiin vuonna 2011, ja sitä on päivitetty viimeksi 2014. (Liikennevirasto 2017.)

AsPectin laskenta pohjautuu BSI PAS 2050:2011 (Publically Available Specification for the Assessment of the Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Goods and Services) standardiin. Laskentaohjelmisto sisältää tarvittavat kaavat, päästökertoimet sekä oletusarvot. Laskentaohjelma on englanninkielinen (KUVA 2). (Liikennevirasto 2017.)

The screenshot displays a software interface with three main data windows:

- Materials:** A table listing materials with columns for Name, Category, Data Source, and Source.
 

Name	Category	Data Source	Source
Adhesion Agents	Adhesion Agents	Industry average, 2009	
Bitumen	Bitumen	Eurobitume, 2011	
Bitumen Emulsion (res...	Bitumen Emulsions	Eurobitume, 2011	
Cement (Portland Ce...	Cement	BCA, CSMA, UKQAA...	
Fibres	Fibres	Industry average, 2009	
Fluxes (kerosene bas...	Fluxes	European Commission...	
GGBS	Ground Granulated Bl...	Hammond & Jones, 2...	
Hydrated Lime	Hydrated Lime	Hammond & Jones, 2...	
- Plants:** A table showing plant data for 'Asema 1'.
 

Name	Type	Annual Asphalt production (tonnes)	Annual energy consumption (kWh)	Total annual kgCO2e	Average kg CO2e/t Asphalt	Materials Defined	Mixtures Available
Asema 1	Batch	800.0	74 643.4	23 449.0	29.31	3	1
- Projects:** A table showing project details for 'Testi'.
 

Name	Number of mixtures	Tonnage	Number of materials	Tonnage	Total tonnage of mixtures and materials	Description
Testi	1	800.0	0	0.0	800.0	

KUVA 2. Kuvakaappaus AsPectin aloitusnäytöstä.

Eri päästökertoimien arvot on ilmoitettu ohjelmassa, ja niitä pystyy muokkaamaan. Kertoimet on kerätty monesta eri lähteestä, ja ne kuvaavat pääosin brittiläisiä ja eurooppalaisia lähtötietoja.

## **5 TUTKIMUKSEN TULOKSET**

Salattu.



































## **6 YHTEENVETO**

Salattu.



## LÄHTEET

Eurobitume 2012. Life cycle inventory: Bitumen. Viitattu 26.2.2018.

Fortum Oyj 2017. Fortum Otso – bioöljy. Saatavissa: <https://www.fortum.fi/yrityksille-ja-yhteisöille/palvelut-voimalaitoksille/fortum-otso-bioöljy> Viitattu 31.3.2018

Haapasaari, T. 2015. Pyrolyysiöljyn käytettävyys ja tarvittavat oheisjärjestelmät pyrolyysiöljyn polttopoltossa. Opinnäytetyö. Savonia-ammattikorkeakoulu. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2015121520784> Viitattu 31.3.2018.

Hujanen, P. 2016. Matalalämpöasfaltti – Selvitys vaahdotusmenetelmän käytöstä. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:ty-201605264179> Viitattu 15.3.2018

Kuula, A. 1999. Toimintatutkimus. Tampere: Vastapaino.

Kuusela, P. 2005. Realistinen toimintatutkimus? 1.painos. Helsinki: Edita Prima.

Liikennevirasto 2016. Kestävämpää liikennettä ja väylänpitoa – Katse kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä. Helsinki. Saatavissa: [https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lr\\_2016\\_kestavampaa\\_liikennetta\\_web.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lr_2016_kestavampaa_liikennetta_web.pdf) Viitattu 10.2.2018.

Liikennevirasto 2017. Energiankulutusta ja kasvihuonekaasupäästöjä vähentävien vaatimusten kehittäminen päällystehankinnoissa. Esiselvitys laskentamenetelmistä. Saatavissa: [https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lts\\_2017-43\\_energiankulutusta\\_web.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lts_2017-43_energiankulutusta_web.pdf) Viitattu 10.2.2018.

Ma F, Sha A, Lin R, Huang Y, Wang C. 2016. Greenhouse Gas Emissions from Asphalt Pavement Construction: A Case Study in China. Saatavissa: <http://www.mdpi.com/1660-4601/13/3/351> Viitattu 15.3.2018.

Motiva 2010. Polttoaineiden lämpöarvot, hyötysuhteet ja hiilidioksidin ominaispäästökertoimet sekä energian hinnat. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/files/3193/Polttoaineiden\\_lampoarvot\\_hyotysuhteet\\_ja\\_hiilidioksidin\\_ominaispaastokertoimet\\_seka\\_energianhinnat\\_19042010.pdf](https://www.motiva.fi/files/3193/Polttoaineiden_lampoarvot_hyotysuhteet_ja_hiilidioksidin_ominaispaastokertoimet_seka_energianhinnat_19042010.pdf) Viitattu 31.3.2018.

Motiva 2016. Motivan hankintapalvelu. Saatavissa: <http://www.motivanhankintapalvelu.fi/tietopankki/tyokoneet> Viitattu 10.4.2018.

Nordkalk 2018. Kalkkikiven tuotantoprosessi. Saatavissa: <http://www.nordkalk.fi/tuotteet/tuotetieto/tuotantoprosessi/> Viitattu 15.3.2018.

Pank Ry 2011a. Asfaltin raaka-aineet. Asfalttialan oppimateriaali. Saatavissa: [www.pank.fi/file/900/b2-raaka-aineet.pdf](http://www.pank.fi/file/900/b2-raaka-aineet.pdf) Viitattu 12.2.2018

Pank Ry. 2011b. Asfalttimassan valmistus. Asfalttialan oppimateriaali. Saatavissa: <http://pank.fi/file/902/b4-asfmassan-valmistus.pdf> Viitattu 10.2.2018.

Rakennustietosäätiö RTS 2018. Ympäristöseloste EPD. Saatavissa: <http://epd.rts.fi/fi> Viitattu 27.2.2018

Scania 2016. Vaihtoehtoinen energia. Saatavissa: <https://www.scania.com/fi/fi/home/partnership-solutions/solutions-in-action/alternative-energy-solutions.html> Viitattu 5.4.2018.

SFS-EN 15804 + A1. 2015. Kestävä rakentaminen. Rakennustuotteiden ympäristöselosteet. Laadinnan yleissäännöt. Helsinki. Suomen standardisoimisliitto.

Suomen ympäristökeskus 2010. Ympäristöasioiden hallinta kiviainestuotannossa. Saatavissa: <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/37976> Viitattu 15.3.2018

Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. 2017. LIPASTO yksikköpäästöt -tietokanta. Saatavissa: [www.lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/](http://www.lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/) Viitattu 15.3.2018.

Tujunen, R. 2016. Perinteisten asfalttikonipäällysteiden korvaamismahdollisuudet matalalämpöasfaltilla Helsingissä osana kasviuonepäästöjen vähentämistä. Diplomityö. Aalto-yliopisto. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-201606172592> Viitattu 5.4.2018

Vahänen 2015. Rakennustuotteiden ympäristöselosteiden (EPD) verifiointilla varmistetaan tieto ympäristövaikutuksista. Saatavissa: <https://vahanen.com/fi/vahanen/ajankohtaista/rakennustuotteiden-ymparistoselosteiden-epd-verifiointilla-varmistetaan-tieto-ymparistovaikutuksista/> Viitattu 10.2.2018.

Virtuaaliammattikorkeakoulu 2018. Ylemmän amk-tutkinnon metodifoorumi. Saatavissa: <http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojak-sot/0709019/1193463890749/1193464131489/1194289356644/1194290120703.html> Viitattu 21.4.2018

Walch, J. 2015. A study on Lower Temperature Asphalts Commercialisation in the UK. Saatavissa: <https://www.carbontrust.com/media/642510/cts401-lower-temperature-asphalts-pathway-to-commercialisation.pdf> Viitattu 15.3.2018