

Demorock-betonimurskeen ympäristötuote- seloste EPD

LAB-ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK), Energia- ja ympäristötekniikka (insinööri)

2022

Konsta Solkio

Tiivistelmä

Tekijä(t) Solkio, Konsta	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Valmistumisaika kevät 2022
	Sivumäärä 43	
Työn nimi Demorock-betonimurskeen ympäristötuoteseloste EPD		
Tutkinto Energia- ja ympäristötekniikan insinööri (AMK)		
Toimeksiantajan nimi, titteli ja organisaatio Purkupiha Oy		
Tiivistelmä Purkupiha Oy:llä on tuote nimeltä Demorock-betonimurske. Opinnäytetyön tarkoitus on laatia Demorock-betonimurskeesta standardin EN 15804:2012 + A2:2019 tyypin 3 mukainen ympäristötuoteseloste (Environmental Product Declaration.) Tyypin 3 ympäristötuoteselosteita käytetään pääasiassa yritysten välisissä viestinnässä sekä tuotteen markkinoinnissa. Tyypin 3 standardin (SFS-EN ISO 14025) mukainen ympäristömerkki lisää tuotteen ympäristövaikutuksien läpinäkyvyyttä, mikä ohjaa tuotteen valmistusta ja hyödyntämistä ympäristöystävällisempään suuntaan. Tyypin 3 mukainen ympäristötuoteseloste sisältää elinkaariarvioinnin, joka suoritettiin maksullista työkalua hyödyntäen, joka hankittiin One Click LCA:lta. Purkupiha Oy toimii opinnäytetyön toimeksiantajana.		
Asiasanat Demorock, EPD, Ympäristötuoteseloste, Betonimurske		

Abstract

Author(s) Solkio, Konsta	Type of Publication Thesis, UAS	Published spring 2022
	Number of Pages 43	
Title of Publication Environment product declaration for Demorock		
Name of Degree Energy- and environment engineer (UAS)		
Name, title and organization of the client Purkupiha Oy		
Abstract Purkupiha Oy has a product named Demorock-recycled concrete. The purpose of this thesis is to create type of three environment product declaration for recycled concrete based on standard EN 15804:2012 + A2:2019. The main issue of environment product declaration is to help communicate with other companies and improve the brand of recycled concrete. Type of three Eco-label is based on standard SFS-EN ISO 14025, which increases the transparency of the product, controls the productions and utilization for more environmental friendly direction. Type of three environmental product declaration includes life cycle assessment, which carried out by using chargeable tool. We purchased the tool from One Click LCA. Purkupiha Oy acts as the commissioner of the thesis.		
Keywords Demorock, EPD, Environment Product Declaration, Recycled Concrete		

Sisällys

Termit ja Käsitteet.....	1
1 Johdanto.....	1
2 Demorock-betonimurskeiden valmistusprosessit ja tuotetiedot	2
2.1 Demorock-betonimurskeen valmistuksesta kierrätyslaitoksilla ja purkutyömailla. 2	
2.2 Demorock-betonimurskeen valmistus kierrätyslaitoksilla	2
2.3 Demorock betonimurskeen valmistus purkutyömailla.....	4
2.4 Demorock-betonimurskeiden tuotetiedot.....	5
3 Demorock-betonimurskeen hyödyntämistä ohjaa Valtioneuvoston asetus (843/2017) 7	
3.1 Yleisesti asetuksesta	7
3.2 Valtioneuvoston asetuksen 843/2017 mukaiset näytteet uusiobetonimurskeesta ja niiden raja-arvot.....	7
3.3 Valtioneuvoston asetuksen (843/2017) liittyviä kriteereitä uusibetonimurskeen hyödyntämiseen	8
4 End-of-Waste (EoW).....	10
4.1 Jätelaki	10
4.2 Betonimurskeen statuksen muuttaminen EOW-tuotteeksi.....	10
4.2.1 Milloin betoni lakkaa olemasta jätettä	11
4.2.2 Betonimurskeelle suoritettavat näytteenotot	11
4.2.3 Laadunhallinta	13
5 Ympäristötuoteselosteet	15
5.1 Käyttötarkoitus ja hyödyt.....	15
5.2 Ympäristömerkkejä	15
5.3 Rakennustietosäätiön mukainen ympäristötuoteseloste.....	16
6 Ympäristötuoteselosteen elinkaariarviointia ohjaavat standardit	18
6.1 Keskeiset standardit	18
7 Elinkaariarviointi.....	19
7.1 Käyttötarkoitus.....	19
7.2 Tavoitteiden ja soveltamisalan määrittely.....	21
7.3 Inventaarioanalyysi	22
7.4 Vaikutusten arviointi.....	22
7.5 Tulosten tulkinta	23
8 Demorock betonimurskeen elinkaariarviointi.....	25
8.1 Tavoitteiden ja soveltamisalan määrittelyvaihe	25
8.2 Inventaariovaihe	29

8.3	Vaikutusten arviointi.....	33
9	Karbonatisaatio.....	34
9.1	Betonin karbonatisaatio	34
10	Tulosten esittäminen.....	36
10.1	Tulokset.....	36
10.2	CO ₂ e ja muut keskeiset ympäristövaikutusluokat	36
10.3	Luonnonvaroja kuvaavat indikaattorit.....	37
10.4	Jätekategoriat.....	37
10.5	Tuote, materiaali- ja energiavirrat	38
10.6	Tulosten tulkinta ja johtopäätökset.....	38
11	Yhteenveto	40
	Lähteet	41

Liite 1. Laskettu karbonatisaation määrä Demorock-betonimurskeelle

Termit ja Käsitteet

Demorock-betonimurske: Purkupiha Oy:n oma uusiokiviainestuote, jota valmistetaan kierrätyslaitoksilla ja purkutyömailla. Demorock-betonimursketta valmistetaan purkubetonista. Demorock-betonimursketta hyödynnetään maarakentamisessa jakavassa- ja kantavassa kerroksessa.

Elinkaariarviointi LCA (Life Cycle Assessment): Arviointi tuotteen tai palveluiden ympäristövaikutuksista koko sen elinkaaren ajalta. Elinkaariarviointi suoritetaan aina tyypin 3 mukaiselle ympäristötuoteselosteelle suoritetaan Standardien SFS-EN ISO 14040:2006 ja SFS-EN ISO 14044:2006 + A1:2018 mukaisesti (SFS-EN 14025 2010, 16.)

Inventaarioanalyysi LCI (Life Cycle Impact): Elinkaariarvioinnin toinen vaihe, jossa syötteet ja tuotokset listataan määrällisenä (SFS-EN ISO 14044:2006 + A1:2018,19.)

Jäte: Aine tai esine, jotka on poistettu käytöstä tai ollaan aikomassa poistaa käytöstä (SFS-EN ISO 14044:2006 + A1:2018, 13.)

Karakterisointikerroin: Tarkoittaa karakterisointimallista johdettua kerrointa, jota hyödynnetään muuntamaan inventaarioanalyysistä saadut tulokset vaikutusluokkaindikaattorin yhteiseen yksikköön GWP (SFS-EN ISO 14044:2006 + A1:2018, 13.)

MARA-kohde: Valtioneuvoston asetuksen 843/2017 ”eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa” mukaista betonimurskeen hyödyntämiskohdetta (Valtioneuvoston asetus 843/2017.)

PCR (Product Category Rules): Tuoteryhmäsäännöt Rakennustietosäätiön mukaiselle ympäristötuoteselosteelle (RTS, 5.)

SFS-EN 15804:2012 + A2:2019: Eurooppalainen kestävä rakentamisen standardi, joka kattaa rakennustuotteiden ja palvelujen ympäristötuoteselosteiden yleiset säännöt ja ohjeet (SFS-EN 15804:2012 + A2:2019, 2.)

SFS-EN ISO 14025: Eurooppalaiseen standardi, joka antaa tyypin 3 mukaiselle ympäristötuoteselosteelle periaatteet ja menettelyohjeet. Tyypin 3 mukainen ympäristötuoteseloste on kolmannen osapuolen verifioimaa tietoa ja joka sisältää elinkaariarvioinnin (SFS-EN 14025 2010.)

SFS-EN ISO 14040:2006: Eurooppalainen standardi, joka sisältää elinkaariarvioinnin periaatteet ja pääpiirteet (SFS-EN ISO 14040 2006.)

SFS-EN ISO 14044:2006 + A1:2018: Eurooppalainen standardi, joka kertoo elinkaariarvioinnin vaatimukset (SFS-EN 14044:2006 + A1:2018.)

Syöte: Yksikköprosessin tuote-, materiaali- ja energiavirta (SFS-EN ISO 14044:2006 + A1:2018,12.)

Toiminnallinen yksikkö: Määrä, jota kohden elinkaariarviointi on tehty (SFS-EN ISO 14044:2006 + A1:2018,11.)

Tuotantojärjestelmä: Koko tuotannon prosessi, johon on kuvattu kaikki yksikköprosessivaiheet syötteineen (SFS-EN ISO 14044:2006 + A1:2018, 12.)

Vaikutuksenarviointi LCIA (Life Cycle Impact Assessment): Elinkaariarvioinnin kolmas vaihe, jossa ideana on käsittää tuotteen tai palvelun tuotejärjestelmän potentiaalisten ympäristövaikutusten laajuutta. Vaikutuksenarviointiin kuuluvat: ympäristövaikutusluokat, luonnonvarojen käyttö, jätteet sekä muut tuotokset (SFS-EN 15804+A1 2014, 52-61.)

Vaikutusluokka: Indikaattoreita, joihin inventaarioanalyysin tulokset sijoitetaan. Vaikutuksenarvioinnin kohteita ovat mm. ympäristövaikutusluokat, luonnonvarojen käyttö, jätteet sekä muut tuotokset (SFS-EN ISO 14044:2006 + A1:2018,13.)

Yksikköprosessilla: Tarkoitetaan yksittäistä työvaihetta koko tuotantoprosessissa (SFS-EN ISO 14044:2006 + A1:2018, 13.)

Ympäristötuoteseloste EPD (Environment Product Declaration): Vapaaehtoinen asiakirja, joka voi olla kolmannen osapuolen verifioimaa tietoa. Ympäristötuoteselostetta käytetään pääosin yritysten välisessä viestinnässä ja markkinoinnissa. Kolmannen osapuolen verifioimat ympäristötuoteselosteet ovat läpinäkyvää tietoa, jotta tuotteiden ja palveluiden valinta ohjaa ympäristöystävällisempään suuntaan (SFS-EN ISO 14025 2010, 8.)

1 Johdanto

Opinnäytetyön tarkoituksena on laatia Purkupihan Demorock-betonimurskeista 0/45 mm ja 0/90 mm Rakennustietosäätiön standardin SFS-EN 15804:2012 + A2:2019 tyypin 3 mukainen ympäristötietoseloste EPD (Environment Product Declaration.) Purkupiha Oy valmistaa Demorock-betonimursketuotetta omilla kierrätyslaitoksilla sekä suoraan purkutyömailla ympäri Suomen, joten Demorock-betonimurskeen ympäristötuoteselosteessa tarkastelun kohteeksi on valittu murskeen valmistus kierrätyslaitoksilla sekä murskeen valmistus suoraan purkutyömailla. Demorock-betonimursketta käytetään pääosin tie- ja kenttärakenteiden pohjarakenteissa jakavassa- ja kantavassa kerroksessa Valtioneuvoston asetuksen 843/2017 mukaisesti (Valtioneuvoston asetus 843/2017, 5 §.)

Ympäristötuoteselosteelle suoritettiin standardien SFS-EN ISO 14040 ja SFS-EN ISO 14044 mukainen elinkaariarviointi (Life Cycle Assessment), jossa huomioitiin pakolliset indikaattorit pakollisissa elinkaarenvaiheissa (Ympäristö 2013.) Elinkaariarviointi suoritettiin maksullista työkalua One Click LCA:ta hyödyntäen. Työkalun sisällä valittiin tuotetta koskevat tarvittavat resurssit inventaarioanalyysin pohjalta, joita tarvittiin tuotteen eri elinkaarenvaiheissa. Resurssien alle syötettiin tarvittavat tiedot yhtä tonnia kohden inventaarioanalyysin pohjalta, jonka jälkeen saatiin tarvittavat lukuarvot pakollisista indikaattoreista pakollisissa elinkaarenvaiheissa.

Rakennustietosäätiön mukaisia ympäristötuoteselosteita ohjaa eurooppalainen standardi SFS-EN 15804 + A1:2012 + A2:2019, jossa määritetään ympäristötuoteselosteiden laadinnan yleiset ohjeet rakennustuotteille ja palveluille. Rakennustietosäätiön mukaisessa ympäristötuoteselosteessa *”kehdestä tehtaan portille”* pakolliset elinkaarenvaiheet teollisen tuotteen elinkaaritarkastelussa ovat A1-A3, A4, A5, C1-C4 ja D. Nämä elinkaarenvaiheet sisältävät tuotteen valmistuksen, rakentamisvaiheen, purkamisen ja elinkaaren lopun. Elinkaarilaskenta suoritettiin standardin mukaisille indikaattoreille. Lisäksi Demorockille tehtävä elinkaariarviointi sisältää elinkaarenvaiheen B1, joka kuvastaa käytönaikeista vaikutusta. (SFS-EN 15804:2012 + A2:2019, 12-14.)

Tyypin 3 standardin (SFS-EN ISO 14025) mukaista ympäristötuoteselostetta hyödynnetään enimmäkseen yritysten välisessä viestinnässä sekä tuotteen markkinoimisessa. Ympäristötuoteselostetta, jota käytetään yritysten välisessä viestinnässä ja markkinoinnissa, käytetään nimitystä B2B-selostemalli. Ympäristötuoteseloste antaa paremman ja vastuullisemman kuvan tuotteesta, kun tiedetään tuotteen elinkaarenvaiheiden aiheuttamista ympäristövaikutuksista täsmällisemmin ja näkyvämmiin. (SFS-EN ISO 14025 2010, 8.)

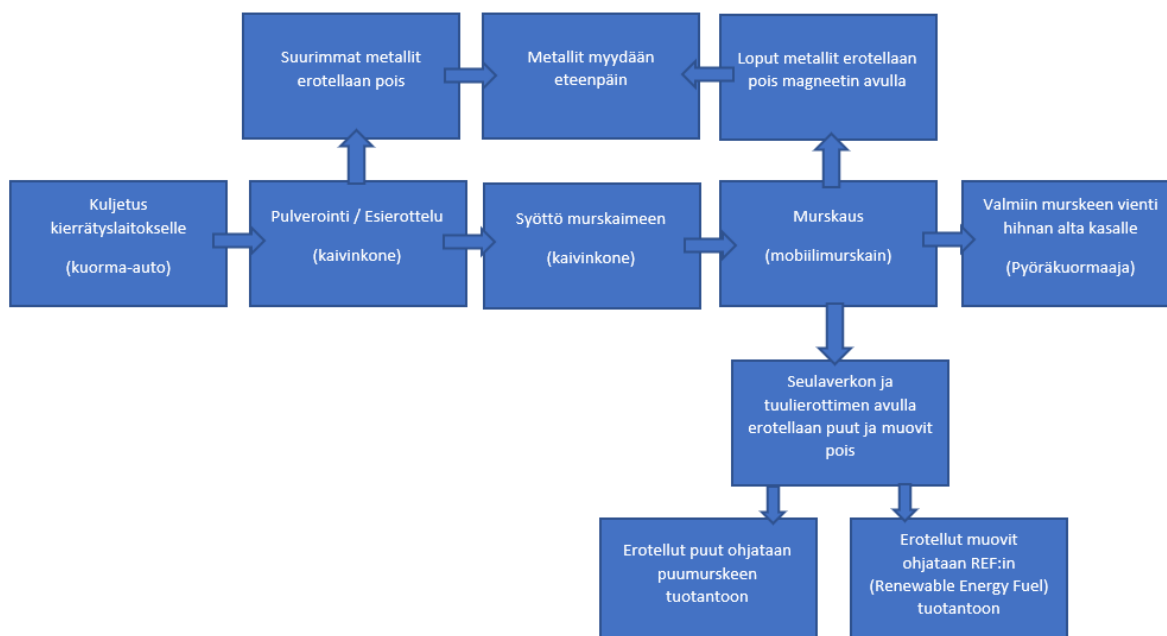
2 Demorock-betonimurskeiden valmistusprosessit ja tuotetiedot

2.1 Demorock-betonimurskeen valmistuksesta kierrätyslaitoksilla ja purkutyömailla

Demorock-betonimurskeiden valmistusprosessit ovat muuten samanlaiset kierrätyslaitoksilla ja purkutyömailla, mutta kierrätyslaitoksen tuotantoprosessi pitää sisällään kuljetuksen valmistukseen. Demorock-betonimurskeiden 0/45 ja 0/90 valmistuksessa käytetään Purkupiha Oy:n omistamaa liikutettavaa mobiilimurskainta (Kleemann.) Betonimurskeen valmistuksessa jokainen työvaihe suoritetaan aina Purkupiha Oy:n laadunhallintajärjestelmän mukaisesti. Kierrätyslaitoksilla valmistettavat murskeet sisältävät pääosin asiakkaiden työmailta tulleita betonijätteitä, joiden seassa ei ole pilaantuneita betoneita, koska Purkupiha Oy ei vastaanota niitä kierrätyslaitoksilla. Myöskin omilla purkutyömailla valmistettavat murskeet sisältävät ainoastaan hyödyntämiskelpoisia betonijätteitä. (Purkupiha Oy 2021.)

2.2 Demorock-betonimurskeen valmistus kierrätyslaitoksilla

Alapuolella kuvassa 1 on esitetty Demorock-betonimurskeen valmistuksen tuotantoprosessi kierrätyslaitoksilla.



Kuva 1. Demorock-betonimurskeen tuotantoprosessi kierrätyslaitoksilla

Valmistukseen tarvittavat työvaiheet:

- kuljetus kierrätyslaitokselle (kuorma-auto)
- pulverointi/esierottelu (kaivinkone)
- syöttö murskaimeen (kaivinkone)
- murskaus (murskain)
- valmiin Demorock-betonimurskeen vienti murskaimen hihnan alta kasalle

Raaka-aineet kierrätyslaitoksille kuljetetaan pääosin Purkupiha Oy:n asiakkaiden työmailta. Betonijätekuormaa vastaanottaessa kuorman paino punnitaan aina, jotta tiedetään tulevan kuorman paino. Punnituksessa otetaan aina kuorman tulo- ja lähtöpaino, joiden erotuksesta saadaan kuorman nettopaino. Tällöin tiedetään, kuinka paljon betonijätettä on vastaanotettu. (Purkupiha 2021.)

Betonin pulverointi on työvaihe, jossa betonit palotelaan pienempiin palakokoihin alle 500 mm, muuten mobiilimurskain ei kykenisi murskaamaan betoneita. Pulverointi suoritetaan kaivinkoneella, joko betonisaksilla tai vasaralla. Pulveroinnin yhteydessä saadaan betoneista poistettua suurimmat metallit (harjateräkset) pois. Ennen murskauksen aloittamista otetaan betonien haitta-aineiden liukoisista- ja kokonaispitoisuuksista tarvittavat näytteet standardin SFS-EN 932-1 mukaisesti, jotta voidaan varmistua siitä, että murskaus on järkevä aloittaa. (Purkupiha Oy 2021.)

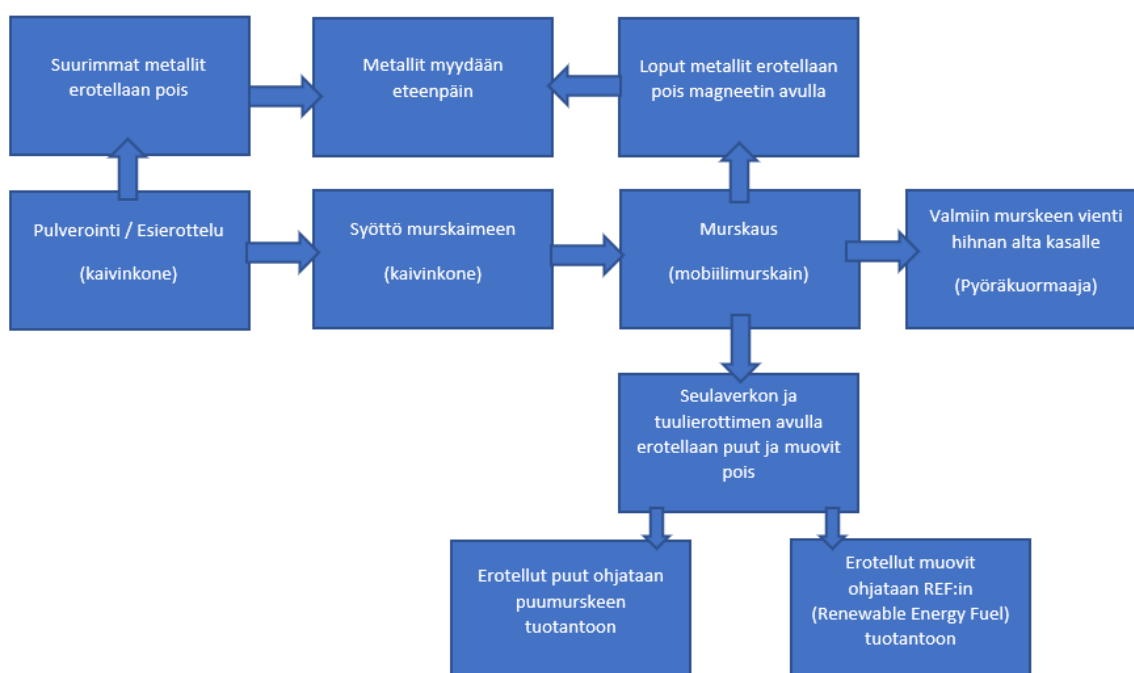
Pulveroinnin ja metallien erottelun jälkeen tuodaan mobiilimurskain kierrätyslaitokselle. Purkupiha Oy valmistaa Demorock-betonimursketta palakoossa: 0/45 mm ja 0/90 mm. Murskauksen yhteydessä saadaan eroteltua loput metallit pois magneetin avulla pois. Lisäksi murskauksen yhteydessä saadaan eroteltua mahdolliset muut sivutuotteet kuten muovit ja puut seulaverkon ja tuulierottimen avulla (Purkupiha Oy 2021.)

Murskauksen jälkeen tai murskauksen yhteydessä suoritetaan standardin SFS-EN 932-1 mukaiset näytteenotot laadunvarmistukseksi. Betoninäytteenotto suoritetaan Purkupiha Oy:n laadunhallintajärjestelmän mukaisesti. Betoninäytteenoton voi suorittaa valmiista kasasta tai putoavasta virrasta mobiilimurskaimen päästä. Betoninäytteenotto sisältää Valtioneuvoston asetuksen (843/2017) mukaisen näytteenoton, johon kuuluu 100 kg kokoomanäyte, josta analysoidaan materiaali jakauma sekä 5-20 kg kokoomanäyte, josta analysoidaan: tutkittavien haitta-aineiden kokonaispitoisuudet (PCB, PAH ja Mineraaliöljyt) sekä liukoisien metallien pitoisuudet. Yksi kokoomanäyte sisältää vähintään 20 osanäytettä. (Purkupiha Oy.) Valtioneuvoston asetuksen (843/2017) mukaiset näytteet esitetty myös taulukoissa: 1,2 ja 3 (Valtioneuvoston asetus (843/2017.)

Tulosten valmistuttua laboratoriosta, kootaan tuloksista laadunhallintaraportit. Laadunhallintaraportit täytyy esittää ELY-keskukselle MARA-ilmoituksen yhteydessä, jotta ELY-keskus varmistuu siitä, että murske täyttää valtioneuvoston asetuksen (843/2017) mukaiset vaatimukset tietyissä pohjarakenteissa (Valtioneuvoston asetus 843/2017.)

2.3 Demorock betonimurskeen valmistus purkutyömailla

Kuvassa 2 on esitetty Demorock-betonimurskeen valmistuksen tuotantoprosessi purkutyömailla.



Kuva 2. Demorock-betonimurskeen tuotantoprosessi purkutyömailla

Valmistukseen tarvittavat työvaiheet:

- pulverointi/Esierottelu (kaivinkone)
- syöttö murskaimeen (kaivinkone)
- murskaus (mobiilimurskain)
- valmiin Demorock-betonimurskeen vienti hihnan alta kasalle (pyöräkuormaaja)

Valmistusprosessi on muuten samanlainen kuin kierrätyslaitoksilla, mutta purkubetoneita ei tarvitse erikseen kuljettaa valmistukseen, kun voidaan valmistaa Demorock-betonimurske suoraan paikan päällä purkukohteessa. (Purkupiha Oy.)

Purkutyömaalla valmistuksen ensimmäinen työvaihe on pulverointi pienempiin palakokoihin alle 500 mm kaivinkoneella, joko betonisaksilla tai vasaralla. Pulveroinnin yhteydessä saadaan poistettua suurimmat metallit. (Purkupiha Oy 2021.)

Pulveroinnin jälkeen otetaan betonien haitta-aineiden liukoisista- ja kokonaispitoisuuksista näytteet. Näytteenotolla varmistutaan betonien puhtaudesta ja hyödyntämiskelpoisuudesta. (Purkupiha Oy 2021.)

Pulveroinnin jälkeen tuodaan mobiilimurskain työmaalle, jolla pulveroitu betoni murskataan. Betonit murskataan palakokokoon 0/45 mm tai 0/90 mm. Murskauksen yhteydessä saadaan eroteltua loput metallit magneetin avulla sekä mahdolliset muut sivutuotteet kuten muovit ja puut seulaverkon ja tuulierottimen avulla. (Purkupiha Oy 2021.)

Betoninäytteenotto laadunvarmistukseksi suoritetaan vastaavalla tavalla kuin kierrätyslaitoksilla.

Tulosten valmistuttua laboratoriosta, kootaan tuloksista laadunhallintaraportit. Laadunhallintaraportit esitetään ELY-keskukselle MARA-ilmoituksen yhteydessä, jotta ELY-keskus varmistuu siitä, että murske täyttää Valtioneuvoston asetuksen (843/2017) mukaiset vaatimukset tietyissä pohjarakenteissa. (Valtioneuvoston asetus 843/2017.)

2.4 Demorock-betonimurskeiden tuotetiedot

Demorock-betonimurske sisältää rakennusten purkujen yhteydessä syntynyttä betoni- ja tiilijätettä, joista valmistetaan taulukon 1 ja 2 mukaisia betonimursketuotteita. Demorock-betonimurske saa maksimissaan sisältää 30 % tiili- ja kaakelijätettä. Purkupiha Oy:n valmistavat demorock-betonimurskeet soveltuvat käytettäväksi maarakennuskohteissa kantavaan- ja jakavaan kerrokseen. Uusiobetonimurskeita hyödyntämällä säästetään neitseellisiä materiaaleja ja voidaan korvata muita kiviaineeksi pohjarakenteissa. Taulukossa 1 ja 2 on esitetty valmiiden demorock-betonimurskeiden tuoteselosteet, jotka sisältävät: perusominaisuudet, suoritustasot sekä standardit ja menetelmät, joita on hyödynnetty asianmukaisten tulosten saamiseksi. Taulukossa 1 on esitetty Demorock-betonimurskeen 0/45 mm tuoteseloste ja taulukossa 2 on esitetty Demorock-betonimurskeen 0/90 mm tuoteseloste. (Purkupiha Oy 2021.)

Perusominaisuus	Suoritustaso	Standardi/menetelmä
<i>Raekoko</i>	0/45	SFS-EN 933-1
<i>Rakeisuusluokka</i>	GA80	SFS-EN 933-1
<i>Routivuus</i>	Routimaton	SFS-EN 933-1 ja SFS-EN 1097-10
<i>Kiintotiheys</i>	2,3...2,6 Mg/m ³	SFS-EN 1097-6
<i>Hienoaineksen määrä</i>	f ₇	SFS-EN 933-1
<i>Iskunkestävyys</i>	LA ₄₀	SFS-EN 1097-2
<i>Vaaralliset aineet</i>	VNA:n 843/2017 vaatimusten mukainen	
<i>Karkeiden uusiokiviainesten osa-aineiden luokittelu</i>	Rc _{ug90} , X ₁₋ , FL ₁₀₋ , Rb ₁₀₋	SFS-EN 933-11

Taulukko 1. Demorock-betonimurskeen tuoteseloste 0/45 (Purkupiha Oy 2021)

Perusominaisuus	Suoritustaso	Standardi/menetelmä
<i>Raekoko</i>	0/90	SFS-EN 933-1
<i>Rakeisuusluokka</i>	GA80, GT _A 20	SFS-EN 933-1
<i>Routivuus</i>	Routimaton	SFS-EN 933-1 ja SFS-EN 1097-10
<i>Kiintotiheys</i>	2,3...2,6 Mg/m ³	SFS-EN 1097-6
<i>Hienoaineksen määrä</i>	f ₇	SFS-EN 933-1
<i>Iskunkestävyys</i>	LA ₄₀	SFS-EN 1097-2
<i>Vaaralliset aineet</i>	VNA:n 843/2017 vaatimusten mukainen	
<i>Karkeiden uusiokiviainesten osa-aineiden luokittelu</i>	Rc _{ug70} , X ₁₋ , FL ₁₀₋ , Rb ₃₀₋	SFS-EN 933-11

Taulukko 2. Demorock-betonimurske tuoteseloste 0/90 (Purkupiha Oy 2021)

3 Demorock-betonimurskeen hyödyntämistä ohjaa Valtioneuvoston asetus (843/2017)

3.1 Yleisesti asetuksesta

Uusiobetonimurskeen hyödyntämisessä sovelletaan Valtioneuvoston asetusta (843/2017) ”Eräiden jätteiden hyödyntäminen maarakentamisessa.” Tämän asetuksen nojalla ei uusiobetonimurskeen hyödyntämiseen tarvitse hakea erillistä ympäristösuojelulain (527/2014) mukaista ympäristölupaa. (Valtioneuvoston asetus 843/2017, 1§.)

3.2 Valtioneuvoston asetuksen 843/2017 mukaiset näytteet uusiobetonimurskeesta ja niiden raja-arvot

Demorock-betonimurskeista analysoidaan Valtioneuvoston asetuksen (843/2017) mukaisesti haitta-aineiden kokonaispitoisuudet (PCB, PAH ja Mineraaliöljyt), haitta-aineiden liukoiset pitoisuudet metalleille sekä materiaaliijakauma. Taulukossa 3 on esitetty analysoitavat haitta-aineiden kokonaispitoisuuksien raja-arvot (PCB, PAH ja Mineraaliöljyt.) Taulukossa 4 on esitetty analysoitavat haitta-aineiden liukoisten pitoisuuksien raja-arvot metalleille eri pohjarakenteissa. Taulukossa 5 on esitetty materiaaliijakauman raja-arvot (kelluvien materiaalien osuus, betoni- ja tiilimurskeeseen kuulumaton vedessä kellumaton aines sekä tiili- ja kaakelijäte.) Yhdenkin raja-arvon ylittyessä, ei sitä voida hyödyntää siinä rakenteessa. Mikäli jokin raja-arvo/raja-arvot ylittyvät kaikissa pohjarakenteissa, tulee jäte loppusijoittaa asianmukaiseen vastaanottopisteeseen (Valtioneuvoston asetus 843/2017, liite 2: 4§.)

Haitta-aine	Raja-arvo [mg/kg]	
PCB	1	
PAH	30	
Mineraaliöljyt (C ₁₀ -C ₄₀)	500	

Taulukko 3. Tutkittavien haitta-aineiden kokonaispitoisuudet PCB, PAH ja Mineraaliöljyt (Purkupiha Oy 2021)

Haitta-aine	Raja-arvo, väylä, peitetty rakenne [mg/kg]	Raja-arvo, väylä, päällystetty rakenne [mg/kg]	Raja-arvo, Kenttä peitetty rakenne [mg/kg]	Raja-arvo, Kenttä päällystetty rakenne [mg/kg]	Raja-arvo, teollisuus- ja varastorak. pohjarakenne [mg/kg]	
Liennut orgaaninen hiili (DOC)	500	500	500	500	500	
Antimoni (Sb)	0,7	0,7	0,3	0,7	0,7	
Arseeni (As)	1	2	0,5	1,5	2	
Barium (Ba)	40	100	20	60	100	
Kadmium (Cd)	0,04	0,06	0,04	0,06	0,06	
Kromi (Cr)	2	10	0,5	5	10	
Kupari (Cu)	10	10	2	10	10	
Elohopea (Hg)	0,03	0,03	0,01	0,03	0,03	
Lyijy (Pb)	0,5	2	0,5	2	2	
Molybdeeni (Mo)	1,5	6	0,5	6	6	
Nikkeli (Ni)	2	2	0,4	1,2	2	
Vanadiini (V)	2	3	2	3	3	
Sinkki (Zn)	15	15	4	12	15	
Seleen (Se)	1	1	0,4	1	1	
Fluoridi (F ⁻)	50	150	10	50	150	
Sulfaatti (SO ₄ ²⁻)	5900	18000	1200	10000	18000	
Kloridi (Cl ⁻)	3200	11000	800	2400	11000	

Taulukko 4. Tutkittavien haitta-aineiden liukoisten metallien pitoisuudet (Purkupiha Oy 2021)

Materiaali	Raja-arvo	
Kelluvien materiaalien osuus (FL)	10 cm ³ /kg	
Betoni- ja tiilimurskeeseen kuulumaton vedessä kellumaton aines (X)	1 %	
Tiili ja kaakelijäte (Rb)	30 %	

Taulukko 5. Tutkittavien materiaali- ja kauman raja-arvot (Purkupiha Oy 2021)

3.3 Valtioneuvoston asetuksen (843/2017) liittyviä kriteereitä uusibetonimurskeen hyödyntämiseen

Vaikka betonimurskeet täyttäisivät puhtaudeltaan asetuksen mukaiset vaatimukset, täytyy murskeille määritellä myös asetuksen mukainen hyödyntämiskohde. MARA-kohteessa uusiobetonimurskeen hyödyntäminen on sallittua, kun uusiobetonimurskeen hyödyntämisestä laatii MARA-ilmoituksen Elinkeino-, Liikenne- ja Ympäristökeskukselle. Rekisteröinti-ilmoitusta tehdessä on käytössä oma kaavake ”Rekisteröinti-ilmoitus jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa”, jonka mukaan ilmoitus tulee laatia. Lisäksi käytössä on myös loppuraportointilomake, joka pitää täyttää ELY-keskukselle jätteiden hyödyntämisen päättyttyä. Loppuraportointilomake tulee aktiiviseksi siinä vaiheessa, kun ELY-keskus on hyväksynyt rekisteröinti-ilmoituksen. (Valtioneuvoston asetus 843/2017.)

MARA-ilmoituksessa tulee esittää rekisteröinti-ilmoituksen mukaiset tarvittavat liitteet hyödyntämiskohteesta. ELY-keskuksen täytyy ensin hyväksyä asiakirja ennen hyödyntämisen aloittamista. Alapuolella on listattu hyödyntämiskohteita Valtioneuvoston asetuksen 843/2017 mukaisesti, joissa uusiobetonimurskeen hyödyntäminen ei ole mahdollista. (Valtioneuvoston asetus (843/2017), 3.)

Hyödyntämiskohde ei saa sijaita:

- asumiseen tai lasten leikki paikalla tarkoitettulla alueella
- luonnonsuojeluun tarkoitettulla alueella
- ravintokasvien viljelyyn tarkoitettulla alueella
- sisämaan tulvavaara-alueella
- 1- tai 2 luokan pohjavesialueella
- alle 30 metrin etäisyys käytössä olevasta talousvesikaivosta tai vedenottamosta (Valtioneuvoston asetus (843/2017), 3.)

Pohjaveden pinnan ylimmän tason ja uusiobetonimurskeen rakenteen alapinnan välissä täytyy olla vähintään metri väliä, jotta hyödyntäminen alueella on mahdollista (Valtioneuvoston asetus (843/2017), 2.)

Asema- tai karttakuvassa esitetään uusiobetonimurskeen hyödyntämisalue, johon on merkitty pohjoisen- ja idän koordinaatit sekä rakennekerrokset poikkileikkauksineen. Betonimurskeen levityspaksuus saa maksimissaan olla 1,5 m, joka täytyy peittää tai päällystää asetuksen mukaisesti. (Valtioneuvoston asetus (843/2017), 2-4.)

Uusiobetonimurskeen hyödyntäminen täytyy aina olla: *"suunnitelman, luvan, ilmoituksen, kunnan rakennusjärjestyksen tai jonkin muun mukainen yksilöity tieto siitä dokumentista tai muu vastaava tunnistetieto, johon rakentaminen perustuu."* Esimerkiksi. Henkilö X on aikomassa hyödyntää uusiobetonimursketta tulevan teollisuusrakennuksen pohjarakenteissa, täytyy teollisuusrakennuksesta olla hyväksytty rakennuslupa, jonka lupatunnus pitää esittää rekisteröinti-ilmoituksessa. (Valtioneuvoston asetus (843/2017), 4.)

Lisäksi betonimurskeen hyödyntämisestä täytyy aina olla erillinen maanomistajan suostumus betonimurskeen käytölle, jos hyödyntämispaikan haltija ei ole kyseisen kiinteistön omistaja (Valtioneuvoston asetus (843/2017), 4.)

4 End-of-Waste (EoW)

4.1 Jätelaki

Jätelain (646/2011, 5.1 §) mukaan kaikki materiaalit, jotka on poistettu tai aikomassa poistaa käytöstä määritellään jätteeksi. Tuotteen jätestatuksen lopettamista voidaan säännellä EU-tasolla. Mikäli tuotteesta ei ole säädetty EU:ssa, on jäsenvaltioilla itsellä mahdollisuus säätää asiasta kansallisesti. Jätestatuksen päättymisen idea on keventää sääntely- ja lupataakkaa sekä helpottaa kiertotalouden kasvua. (Salminen, Turunen, Fjäder & Päivi 2020, 5.)

Jätepuitedirektiivissä (98/2008/EY) säädetään, että jätteen luonne on mahdollista muuttaa (End-of-Waste -tuotteeksi), kunhan hyödyntäminen sopii käyttötarkoitukseen laatuvaatimusten ja lakien puitteissa. Tuotteen siirtyminen jätteestä ei-jätteeksi edellyttää, ettei tuotteesta koidu haittaa terveydelle tai ympäristölle. Jotta tuotteen jätestatus saadaan muutettua ei-jätteeksi, täytyy tuotteeseen pohjautuva tieto perustua tieteelliseen faktaan, jotta voidaan varmistua tuotteen ominaisuuksien luotettavuudesta. Vaikutukset ympäristölle ja terveydelle on tunnettava, jottei minkäänlaista pilaantumista pääse tapahtumaan ympäristössä, eikä altistuta terveydelle haitallisille aineille. (Turunen 2017.)

Jotta tuotteen tai esineen jätestatus on mahdollista muuttaa EOW:n piiriin, ei tuotteeseen sovelleta enää jättesääntelyä. Statuksen muuttumisen myötä ei-jätteeksi, tuotteeseen sovelletaan vastaavien neitseellisten tuotteiden tuotesääntelyä. Tuotteen on mahdollista muuttaa EOW-tuotteeksi silloin, kun selvitetään tuotteen

- käyttötarkoitus
- markkinat
- ominaisuudet
- laatuvaatimukset
- ympäristövaikutukset
- terveysvaikutukset. (Turunen 2017.)

4.2 Betonimurskeen statuksen muuttaminen EOW-tuotteeksi

Betonimurskeen kohdalla jätestatuksen luonteen muuttamisesta jätteestä ei-jätteeksi on mahdollista säännellä Valtioneuvoston päätöksen mukaisesti jätelain (646/2011) 4 ja 5 § momentin mukaan. Momentti 4 § käsittää betonimurskeeseen koskevat arviointiperusteet ja momentti 5 § koskee betonimurskeen laadunhallintaa (Valtioneuvoston asetus luonnos 2021,1.)

Momentti 4 § mukaan betonimurske lakkaa olemasta jätettä siirtyessä tuottajalta markkinoille, kun: hyödyntämistoimessa syöttöpanoksena käytetty betonijäte täyttää arviointiperusteet, syöttöpanoksena käytetty jäte on käsitelty arviointiperusteiden mukaisesti sekä täyttää arviointiperusteet hyödyntämistoimesta (Valtioneuvoston asetus luonnon,1.)

Hyödyntämistoimen syöttöpanoksena voidaan hyödyntää betonijätettä rakennusten purkujen yhteydessä, valmisbetonin tai betonituotteiden valmistuksen yhteydessä syntyneitä ylijäämäbetoneita (17 01 01 ja 17 01 07) sekä epäkurantteja betonijätteitä (16 03 04.) (Valtioneuvoston asetus luonnos 2021, 4.)

4.2.1 Milloin betoni lakkaa olemasta jätettä

Uusiobetonin on vastattava laadullisesti neitseellistä betonia. Uusiobetoni ei saa sisältää mitään neitseelliseen betoniin kuulumattomia: kemikaaleja tai ainesosia, jotka voi pilata betonin laadun tai aiheuttaa terveys- tai ympäristöriskiä (Valtioneuvoston asetusluonnos 2021, liite 1: 4.)

Betonijäte-erät tarkastetaan ennen jätteen vastaanottoa ja esikäsittelyä. Käytetyt betonijätteet täytyy aina esikäsillä ennen hyödyntämistä. Esikäsittelyn tarkoitus on poistaa betoneista betonimurskeeseen kuulumattomat jakeet, kuten: Metallit, puu, muovi jne. Lisäksi kaikki mahdolliset eristeet, joita voi olla kiinni betoneissa on poistettava (Valtioneuvoston asetusluonnos 2021, liite 1: 4.)

Betonijäte on pystyttävä murskaamaan alle 90 mm raekokoon, jotta betonit on mahdollista uudelleen käyttää. Esikäsittelyn ja murskauksen yhteydessä syntyvät jätteet poistetaan sekä betonimurskeen ympäristölliset- ja laadulliset vaatimukset on täyttyttävä (Valtioneuvoston asetusluonnos 2021, liite 1: 4.)

4.2.2 Betonimurskeelle suoritettavat näytteenotot

Betonimurskeen näytteenotto suoritetaan standardin EN 932-1 mukaisesti. Näytteenotto suoritetaan 10 000 tonnia kohden tai yhtä murskauserää kohden, jonka määrä jää alle 10 000 tonnia tn. Näytteenotto sisältää 100 kilogramman kokomaanäytteen sekä yhden kokoomanäytteen, jonka vähimmäismassa on 5 kilogrammaa ja enimmäismassa on 20 kilogrammaa. Kokoomanäyte koostuu vähintään kahdestakymmenestä osanäytteestä. Isommasta 100 kilogramman kokoomanäytteestä analysoidaan materiaali jakauma, epäpuhtaudet, kelluvat epäpuhtaudet sekä tekniset ominaisuudet. Pienemmästä 5 kilogramman kg kokoomanäytteestä analysoidaan haitta-ainepitoisuudet. Näytteiden tutkiminen suoritetaan standardin EN-933-11 mukaisesti sekä näytteistä saadut tulokset ilmoitetaan standardin EN 13242 tai EN 12620 mukaisesti. Taulukossa 6 on esitetty ympäristökelpoi-

suutta vastaavat haitta-aineiden raja-arvot sekä tekniset ominaisuudet. Taulukossa 7 on esitetty näytteenottoon ja analysointiin koskevat standardit ja tekniset spesifikaatiot, joita tulee noudattaa näytteenotossa ja näytteiden analysoimisessa (Valtioneuvoston asetus luonnos, 2021, 5, liite 1.)

Haitta-aine	Liukoisuus mg/kg (L/S 10)	Kokonaispi- toisuus	Tekninen ominaisuus
Antimoni (Sb)	0,2		
Arseeni (As)	0,1		
Barium (Ba)	5		
Kadmium (Cd)	0,02		
Kromi (Cr)	0,3...0,4		
Kupari (Cu)	1		
Elohopea (Hg)	0,01		
Molybdeeni (Mo)	0,2...0,5		
Nikkeli (Ni)	0,3		
Lyijy (Pb)	0,07		
Seleen (Se)	0,2		
Vanadiini (V)	0,3		
Sinkki (Zn)	5		
Fluoridi (F ⁻)	5		
Kloridi (Cl ⁻)	200		
Sulfaatti (SO ₄ ²⁻)	300		
PAH-yhdisteet		30 mg/kg	
PCB-yhdisteet		1 mg/kg	
Öljyhiilivedyt ≥ C10 - C40		200 mg/kg	
Laastin ja tiilen yhteenlaskettu määrä ¹		<10 %	
Epäpuhtaudet ²		1 %	
Kelluvat epäpuhtaudet ³		5 cm ³ /kg	
Hienoainespitoisuus		< 7 %	
Puristuslujuus			> 0,8 Mpa
Routivuus			Routimaton

Taulukko 6. Betonimurskeelle suoritettavat näytteenotot sekä raja-arvot (Valtioneuvoston asetus luonnos 2021, liite 1: 5-6)

Alapuolella taulukossa 7 on määritetty jokaiselle tietylle parametrille standardi tai tekninen spesifikaatio, jonka mukaan näytteet tulee suorittaa.

Määritettävä parametri	Standardi tai tekninen spesifikaatio
Liukoinen orgaaninen hiili (DOC)	CEN/TS 14429 tai CEN/TS 14997
Sb, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Se, V, Zn, F ⁻ , Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻	SFS-EN 12506, SFS-EN 13370 tai SFS-EN 16192
Öljyhiilivedyt ≥ C10 - C40	SFS-EN 14039
PCB-yhdisteet	SFS-EN 15308
PAH-yhdisteet	SFS-EN 15527 tai SFS-ISO 18287
Materiaalijakauma, epäpuhtaudet ja kelluvat epäpuhtaudet	EN 933-11

Taulukko 7. Näytteenottoon liittyvät standardit ja tekniset spesifikaatiot (Valtioneuvoston asetus luonnos, 2021, liite 1: 6)

4.2.3 Laadunhallinta

Valmistajan on toimittava oman laadunhallintajärjestelmän mukaisesti jokaisessa työvaiheessa, jotta voidaan taata reunaehtojen täyttyminen. Betoneiden laadunhallinnan tärkeimmät kulmakivet ovat: vastaanotto sekä hyödyntämisen- ja läpikäyneen laadunhallinta (Valtioneuvoston asetusluonnos 2021, liite 3: 8.)

Betonin valmistajan on kyettävä valmistamaan vastaanotetusta betoneista betonimursketta, mikä täyttää Valtioneuvoston asetuksen mukaiset arviointiperusteet, jotta jätteeksi luokittelu voi päättyä. Vastuuhenkilöt pitää olla aina nimettyjä ja pätevyityneitä (Valtioneuvoston asetusluonnos 2021, liite 3: 8.)

Valmistajan pitää tehdä kirjallinen selvitys koskien: betonijätteen vastaanottamisen tarkastuksesta, nimettävä vastuuhenkilöt sekä huolehdittava perehdytyksestä. Jokainen vastaanotettu kuorma pitää kirjata muistiin. Vastaanotto pitää sisällään: vastaanottoajan, syntypaikan, haltijan, painon, laadun ja hyväksynnän vastaanotetusta kuormasta. Myös kelpaamattomat kuormat kirjataan muistiin. kelpaamattomista kuormista kirjataan kuorman: päivämäärä, syntypaikka, haltija, arvio määrästä ja hylkäämisen syy (Valtioneuvoston asetusluonnos 2021, liite 3: 8.)

Vastaanotossa arvioidaan kuorman osa-ainemäärät. Vastaanottaessa kuormaa, kuorman vastaanottajan on tunnistettava kelpaamattomat jakeet. Vastaanotetun kuorman täytyy:

- Soveltua puhtaudelta ja laadultaan betonimurskeen valmistukseen.
- Betonijäte on kuljetettu asianmukaisesti, ettei erilliset erät ole sekoittuneet
- Betonijätteeseen ei ole kulkeutunut mitään epäpuhtauksia kuljetuksen ja varastoinnin aikana
- Jokaisesta vastaanotetusta kuormasta tehdään asianmukainen siirtoasiakirja (Valtioneuvoston asetusluonnos 2021, liite 3: 8.)

Betonimurskeen valmistuksessa hyödynnettävistä laitteista tulee kaikista olla selkeät ohjeet helposti saatavilla. Esikäsiteltyä betonijätettä syöttäessä murskaimeen, tulee huolehtia, että laatu pysyy tasaisena. Mikäli epäpuhtauksia havaitaan, tulee epäpuhtaudet poistaa välittömästi, jos sen ajatellaan heikentävän valmiin betonimurskeen laatua. Poistetuista epäpuhtauksista kirjataan: poistetut määrät, käsittelytapa ja toimituskohde, johon poistetut jakeet toimitetaan (Valtioneuvoston asetusluonnos 2021, liite 3: 9.)

Betonimurskeeseen liittyviä laadunhallinta dokumentteja on säilytettävä ainakin 10 vuotta. Betonimurskeen valmistajan pitää huolehtia, että välineitä käytetään aina oikein, välineistä

pidetään hyvää huolta, välineet kalibroidaan sekä huolletaan säännöllisesti (Valtioneuvoston asetusluonnos 2021, liite 3: 9.)

Valmis betonimurske pitää välivarastoidaan huolella, jottei epäpuhtauksia pääse sotkeutumaan valmiiseen murskeeseen ja betonimurskeen laatu pysyy samana. Mikäli havaitaan epäpuhtauksia joutuneen valmiiseen betonimurskeeseen, tulee betonimurske tutkia (Valtioneuvoston asetusluonnos 2021, 3: 9.)

5 Ympäristötuoteselosteet

5.1 Käyttötarkoitus ja hyödyt

Ympäristötuoteselosteet helpottavat valintoja tehdessä ja ohjaavat tekemään ympäristöystävällisempiä ratkaisuja. Ympäristötuoteselosteet ovat läpinäkyvää tietoa, jotta voimme vertailla eri tuotteita ja palveluita ympäristön näkökulmasta. Tyypin 3 ympäristötuoteselosteet ovat kolmannen osapuolen verifioimaa tietoa, jotka kertovat ympäristövaikutuksista määrällisenä. (SFS-EN ISO 14025 2010, 8.)

Tyypin 3 mukaisille ympäristötuoteselosteille ominaista on, että:

- Ne ovat yhden tai useamman yrityksen tuottamia.
- Ne sisältävät standardien mukaisen elinkaariarvioinnin.
- Niitä hyödynnetään yritysten välisessä viestinnässä.
- Ne ovat kolmannen osapuolen verifioimaa tietoa.
- Niiden tiedot ovat läpinäkyviä. (SFS-EN ISO 14025 2010, 8.)

Kun ympäristötuoteseloste on tehty asianmukaisesti standardeja noudattaen, saadaan rakennustuotteesta tai palvelusta määrällisiä sekä tieteellisesti perusteltuja faktoja tuotteesta tai palvelusta. Tavoitteena rakennusalaalla on lisätä vastuullisuutta ympäristöstä, missä ympäristönkuormitusta pyritään vähentämään. Ympäristötuoteselosteet toimivat vastuullisessa rakentamisessa yhtenä osana, sillä ympäristötuoteselosteiden ansiosta tuotteista ja palveluista tulee läpinäkyvämpiä, mikä ohjaa tekemään vastuullisempia ratkaisuja kentällä. (Rakennustietosäätiö 2016, 2.)

5.2 Ympäristömerkkejä

Ympäristömerkkejä on kolmea eri tyyppiä, jotka lisäävät puolueetonta tietoa tuotteiden vaikutuksista ympäristöön ja ohjaa tuotteiden valmistusta sekä kulutusta ympäristöä vähemmän kuluttavaan suuntaan (Sariola, dia 5.)

Tyypin 1 ympäristömerkki on standardin SFS-EN ISO 14024 mukainen ympäristömerkki on vapaaehtoinen kolmannen osapuolen verifioima sekä myöntävä ympäristömerkki. Ympäristömerkin täyttävät kriteerit saa oikeuden käyttää ympäristömerkkiä tuotteessa (Sariola 2021, dia 5.)

Tyypin 2 ympäristömerkki on standardin SFS-EN ISO 14021 mukainen ympäristömerkki on omaehtoinen, jota ei ole verifioitu kolmannen osapuolen toimesta (Sariola 2021, dia 5.)

Tyypin 3 mukainen ympäristömerkki on standardin SFS-EN ISO 14025 mukainen ympäristömerkki, jota myös tässä työssä tavoitellaan. Tyypin 3 ympäristömerkki on vapaaehtoinen, kolmannen osapuolen verifioimaa tietoa, mikä perustuu elinkaariarviointiin. Tämän tyypin ympäristötietoselosteet ovat pääosin tarkoitettu hyödynnettäviksi yritysten välisissä viestinnässä (Sariola 2021, dia 5.)

5.3 Rakennustietosäätön mukainen ympäristötuoteseloste

Rakennustietosäätön mukaisessa ympäristötuoteselosteessa rakennustuotteissa- ja materiaaleissa täytyy esittää moduulit A1-A3, A4, A5, C1-C4 ja D, jotka sisältävät tuotteen valmistuksen, rakentamisvaiheen, purkamisen ja elinkaaren loppuvaiheen (SFS-EN 15804:2012 + A2:2019, 12.)

Alapuolella kuvassa 3 on esitetty Rakennustietosäätön mukaiset pakolliset- ja valinnaiset moduulit ympäristötuoteselosteessa PCR:n mukaisesti (RTS, 6.)

TIEDOT RAKENNUKSEN ARVIONNIN VAIHEIDEN VAIKUTUKSISTA	RAKENNUKSEN ELINKAARI	Tuotevaihe	A1	☒	Raaka-aineiden hankinta
			A2	☒	Kuljetus valmistukseen
			A3	☒	Valmistus
		Rakentamisvaihe	A4	☒	Kuljetukset työmaalle
			A5	☒	Työmaatoiminnot
		Käyttövaihe	B1	☐	Käyttö
			B2	☐	Kunnossapito
			B3	☐	Korjaus
			B4	☐	Osien vaihto
			B5	☐	Laajamittaiset korjaukset
			B6	☐	Energiankäyttö (vain sähkö- ja talotekniikka)
			B7	☐	Veden käyttö (vain sähkö- ja talotekniikka)
		Rakennuksen purkuvaihe	C1	☒	Purkaminen
			C2	☒	Purkuvaiheen kuljetukset
			C3	☒	Purkujätteen käsittely
			C4	☒	Purkujätteen loppusijoitus
		Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset	D	☒	Uudelleenkäyttö
			D	☒	Hyödyntäminen
			D	☒	Kierrätys

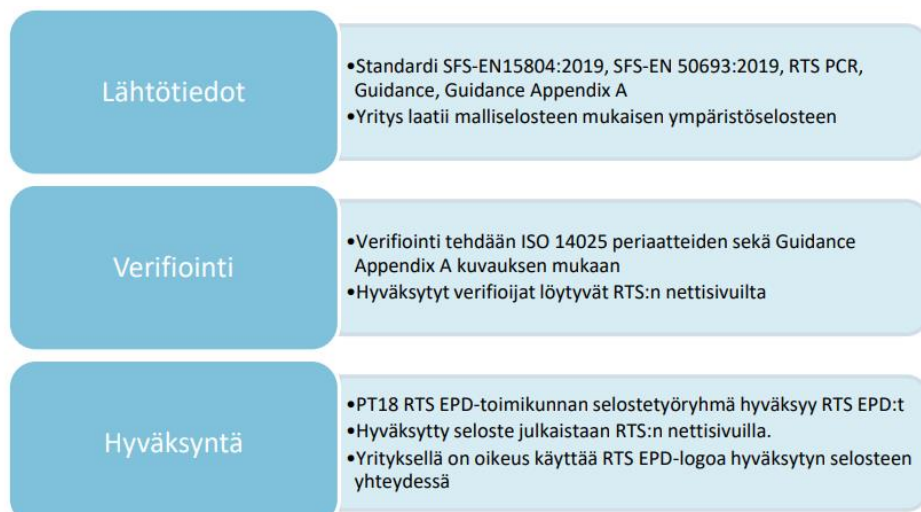
☒	Pakolliset moduulit
☐	Pakollisia RTS EPD- menetelmäohjeen kohdan 6.2.1 sääntöjen ja ehtojen mukaisesti
☐	Valinnaiset moduulit

Kuva 3. Pakolliset- ja vapaaehtoiset moduulit ympäristötuoteselosteessa (RTS, 6)

Ympäristötuoteselosteen elinkaarilaskennassa huomioidaan standardin mukaiset pakolliset indikaattorit pakollisissa elinkaarenvaiheissa. Pakollisia indikaattoreita ovat: keskeiset ympäristövaikutusindikaattorit, resurssien/luonnonvarojen käyttöä kuvaavat indikaattorit sekä muut ympäristöindikaattorit: jätekatteeriat ja tuote- materiaali- ja energiavirrat. Lisäksi täytyy esittää tiedot biogeenisestä hiilestä. Ympäristövaikutusten lisäindikaattorit ovat vapaaehtoisia. (SFS-EN 15804:2012 + A2:2019, 34-38.)

Rakennustietosäätiön ympäristötuoteselosteet on laadittu PCR:n (Product Category Rules) ja standardin SFS-EN 15804:2012 + A2:2019 mukaan sekä ovat kolmannen osapuolen verifioimaa tietoa. Todentamisella varmistetaan, että esitettävät tiedot tuotteesta ovat standardin mukaisia. (SFS-EN 15804:2012 + A2:2019, 32-33.)

Alapuolella kuvassa 4 on esitetty ympäristötuoteselosteen hyväksymisprosessi (RTS, 21.)



Kuva 4. Ympäristötuoteselosteen hyväksyntäprosessi Rakennustietosäätiön mukaisesti (RTS, 21)

Ympäristötuoteselosteen verifiointin jälkeen EPD on voimassa aina kerrallaan 5 vuotta myöntämispäivästä. Tämän jälkeen EPD arvioidaan ja päivitetään uudelleen. Mikäli perustiedot eivät ole muuttuneet merkittävästi, ei tarvitse suorittaa elinkaarilaskentaa tuotteelle uudelleen. (SFS-EN 15804:2012 + A2:2019, 46.)

6 Ympäristötuoteselosteen elinkaariarviointia ohjaavat standardit

6.1 Keskeiset standardit

Kestävän rakennustuotteen ympäristötuoteselosteita ohjaa eurooppalainen kestävän rakentamisen standardi SFS-EN 15804:2012 + A2:2019. Asiakirjan on laatinut tekninen komitea CEN/TC 350. Standardi sisältää yleiset tuoteryhmäsäännöt ympäristötuoteselosteen laatimiseen rakennustuotteille ja palveluille. (SFS-EN 15804:2012 + A2:2019.)

Ympäristötuoteselostetta laatiessa hyödynnetään ISO standardin 14000-sarjan standardeja. Standardit käsittävät työkaluja ja tekniikoita tuotteiden ekologisuuden parantamiseksi. Tuotteen elinkaariarvioinnissa alastandardeja SFS-EN ISO 14040 ja SFS-EN ISO 14044, jotka käsittävät tuotteen tai palvelun ympäristövaikutuksien havainnollistamisen ja vertailun. Standardi SFS-EN ISO 14040 kertoo elinkaariarvioinnin periaatteet ja pohjan elinkaariarvioinnille ja standardi SFS-EN ISO 14044 kertoo elinkaariarvioinnin toteuttamisen liittyvät vaatimukset ja asiat, jotka elinkaariarviointiin tulee sisällyttää. (Sahlberg 2021, 2-5.)

ISO standardit 14020-14026 koskevat ympäristömerkkejä ja selosteita, joiden ideana on tuottaa ympäristöystävällisempiä palveluita ja tuotteita sekä ohjata toimintaa ympäristöystävällisempään ja kestävämpään suuntaan (Sahlberg 2021, 4.)

Kuvassa 5 on esitetty erilaisia ympäristötuoteselostemalleja, joita on mahdollista hankkia tuotteelle. Jokaiselle haettavalle ympäristömerkille on omat tuotesäännöt, jonka mukaan ympäristötuoteseloste tulee laatia. (Karelia, dia 19.)



Kuva 5. Erilaisia epd-järjestelmiä (Karelia, dia 19)

7 Elinkaariarviointi

7.1 Käyttötarkoitus

Ympäristönsuojelun tietoisuus on kasvanut ja kierrättämisen kulttuuri on vahvasti nousussa, on alettu kiinnostumaan yhä enemmän tuotteiden ja palveluiden aiheuttamista ympäristökuormituksista. Elinkaariarviointi on yksi oivallinen tapa saada tietoa tuotteiden ja palveluiden ympäristökuormituksesta niiden elinkaaren ajalta. Elinkaariarviointi antaa mahdollisuuden vertailla eri tuotteita ja palveluja ympäristön näkökulmasta, mikä ohjaa tekemään vastuullisempia ratkaisuja tuotteita tai palveluita valitessa. (SFS-EN 14025 2010, 8.)

Elinkaariarvioinnin hyötyjä:

- kun halutaan saada tietoa tuotteen tai palvelun ympäristökuormituksesta
- kun halutaan ohjata kuluttajia tekemään vastuullisempia päätöksiä tuotteen tai palvelun hankinnassa
- kun halutaan markkinoida tuotetta tai palvelua yksityiskohtaisemmin
- kun halutaan tunnistaa ympäristöä kuormittavat olennaiset ympäristöindikaattorit (Ympäristö 2013).

Elinkaariarviointi LCA (Life Cycle Assessment) toimii apuna tuotteen tai palvelun arvioinnissa ympäristön näkökulmasta koko sen elinkaaren ajalta raaka-aineiden hankinnasta aina loppusijoitukseen saakka, puhutaan termistä ”kehdosta hautaan”. Elinkaariarviointia suorittaessa tuotteelle tai palvelulle hyödynnetään standardeja SFS-EN ISO 14040 ja SFS-EN ISO 14044, jotka ohjeistavat oikeanlaisen elinkaaritarkastelun tekemiseen. Elinkaariarvioinnin ansiosta saadaan potentiaalista tietoa tuotteen tai palvelun ympäristövaikutuksista eri elinkaaren vaiheina, ja sitä kautta kehittämään tuotetta tai palvelua vähemmän ympäristöä kuormittavaan suuntaan. Ympäristötuoteselosteiden ohjaa tuottajia ja kuluttajia tekemään vastuullisempia ratkaisuja tuotteita tai palveluita valitessa. (Ympäristö 2013.)

Elinkaarenvaiheet on luokiteltu vaiheisiin A-D, jotka sisältävät: tuotevaiheen, rakentamisvaiheen, käyttövaiheen, rakennuksen purkuvaiheen sekä elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset. Elinkaaritarkastelussa tarkastellaan tuotteeseen kohdistuvia ympäristövaikutuksia halutuissa tai määritetyissä elinkaaren vaiheissa. Elinkaaren eri vaiheet havainnollistettu kuvassa 6. (Räty & Jallinoja, dia 7.)

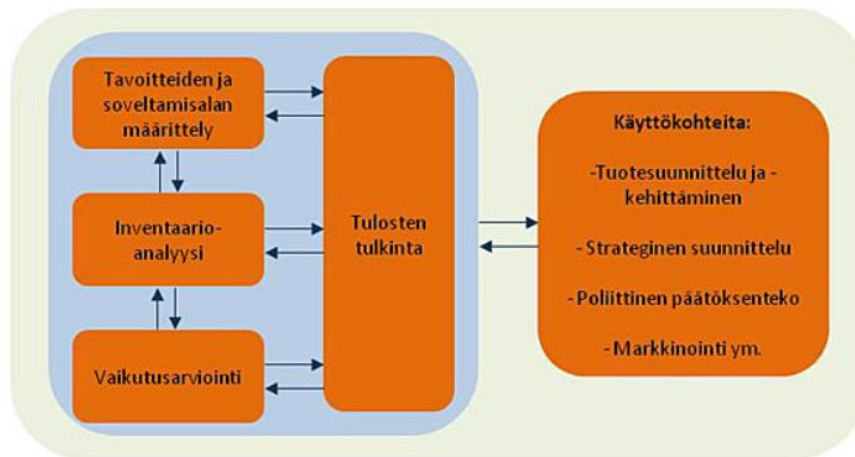
Tuotevaihe			Rakentamisvaihe		Käyttövaihe							Rakennuksen purkuvaihe				Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset		
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D	D	D
R	R	R	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	R	NR	NR	R	NR
Raaka-aineiden hankinta	Kuljetus valmistukseen	Valmistus	Kuljetukset työmaalle	Työmaatoiminnot	Käyttö	Kunnossapito	Korjaus	Osien vaihto	Laajamittaiset korjaukset	Energian käyttö	Veden käyttö	Purkaminen	Purkuvaiheen kuljetukset	Purkujätteen käsittely	Purkujätteen loppusijoitus	Uudelleenkäyttö	Hyödyntäminen	Kierrätys

Kuva 6. Elinkaarenvaiheet (Räty & Jallinoja 2019, dia 7)

Elinkaarenvaiheista käytetään myös omia nimityksiä:

- Elinkaariarvioinnissa ”*kehdosta tehtaan portille*” pitää sisällään informaatiomodulit A1-A3, C1-C4 ja D, jotka käsittävät tuote-, purku- ja elinkaaren loppuvaiheen.
- ”*Kehdosta tehtaan portille optioin*” sisältää muitakin moduuleita kuin A1-A3, C1-C4 ja D. Lisämodulit voivat olla A4 ja/tai A5 ja/tai B1-B7, jotka käsittävät rakennus- ja käyttövaiheita.
- ”*Kehdosta hautaan*” elinkaariarvioinnissa pitää sisällään kaikki informaatiomodulit, jotka käsittävät koko tuotteen elinkaaren. (SFS-EN 15804:2012 + A2:2019, 12.)

Elinkaariarviointi suoritetaan tuotteelle standardin ISO EN 14040 mukaisesti. Elinkaaritarkastelu sisältää 4 pakollista osa-aluetta: tavoitteiden ja soveltamisalan määrittely, inventaarioanalyysi, vaikutuksenarviointi ja tulosten tulkinta. Jokainen vaihe on iteratiivinen prosessi eli vaiheissa voidaan mennä taaksepäin tai vaihtaa suuntaa hallitusti. Elinkaariarvioinnin pakolliset 4 vaihetta esitetty kuvassa 7. (Ympäristö 2013.)

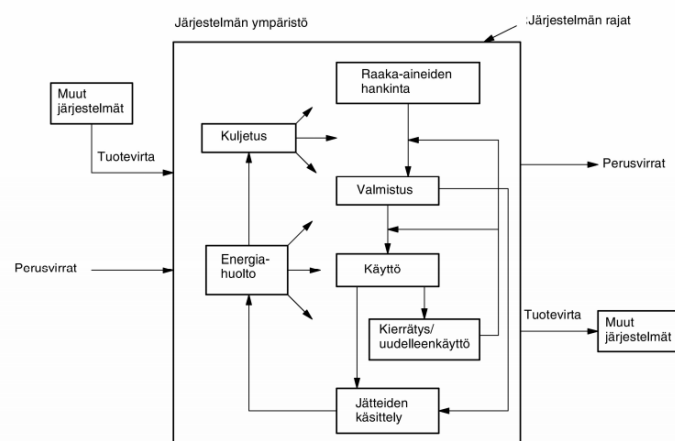


Kuva 7. Elinkaariarvioinnin 4 vaihetta standardin (SFS-EN ISO 14040:2006) mukaisesti (Ympäristö 2013)

7.2 Tavoitteiden ja soveltamisalan määrittely

Elinkaariarvioinnin ensimmäinen vaihe on tavoitteiden ja soveltamisalan määrittely. Tavoitteiden määrittelyssä määritetään tuotteelle tehtävän arvioinnin: syy, käyttötarkoitus, yksityiskohtaisuus, tulosten läpinäkyvyys, käyttötarkoitus, vaikutuksenarvioinnin kohteet, elinkaaritarkastelun vaiheet, ajanjakso jne. (Syke 2017, 3.)

Soveltamisalan määrittelyssä rajataan tuotejärjestelmä, josta ilmenee kaikki oleelliset työvaiheet tuotteen valmistukseen liittyen (Syke 2017, 3.) Esimerkki tuotejärjestelmästä on esitetty alapuolella kuvassa 8. (SFS-EN ISO 14040:2006, 28.)



Kuva 8. Tuotejärjestelmä (SFS-EN ISO 14040:2006, 28)

Määritetään toiminnallinen yksikkö, jota kohden kulutustiedot kerätään tuotejärjestelmästä. (Syke 2017, 3.) Tässä työssä toiminnallisen yksikön määrittelee Rakennustietosäätiön

PCR (Product Category Rules), sillä tässä työssä tavoitellaan RTS:n mukaista ympäristömerkkiä tuotteelle. Rakennustietosäätiön PCR:n mukaan kulutustiedot tulee kerätä tuotejärjestelmästä standardin SFS-EN 15804:2019 mukaisesti. (Rakennustietosäätiö, 9.) Standardin SFS-EN 15804:2012 + A2:2019 mukaan tiedot tuotejärjestelmästä tulee kerätä annettuja yksiköjä kohden: 1 kappale, massa (1 kg), pituus (1 m), pinta-ala (1 m²) ja tilavuus (1 m³.) Tässä tutkimuksessa tiedot tuotejärjestelmästä on kerätty yhtä betonimurske tonnia eli 1000 kg kohden. Rakennustietosäätiölle esitettävät tulokset täytyy lopulta esittää yhtä kiloa kohden. One Click LCA työkalu antaa suoraan tiedot yhtä tonnia ja yhtä kiloa kohden. (SFS-EN 15804:2012 + A2:2019, 18.)

Määrittelyvaihe on tärkeä esittää selkeästi, jotta tuotteelle tehtävä elinkaariarviointi on mahdollista suorittaa luotettavasti. Selkeä rajausta antaa selkeät raamit tehtävällä elinkaariarvioinnille. (Syke 2017, 3.)

7.3 Inventaarioanalyysi

Inventaarioanalyysi (Life Cycle Inventory) eli LCI on elinkaariarvioinnin toinen vaihe. Inventaarioanalyysissä kerätään kaikki syötteet ja tuotokset eli tiedot määrällisenä kuvatussa tuotejärjestelmästä, tuotejärjestelmän jokaisesta yksikköprosessista. Yksikköprosessi tarkoittaa jokaista yksittäistä työvaihetta tuotteen valmistuksessa. (Syke 2017, 3.)

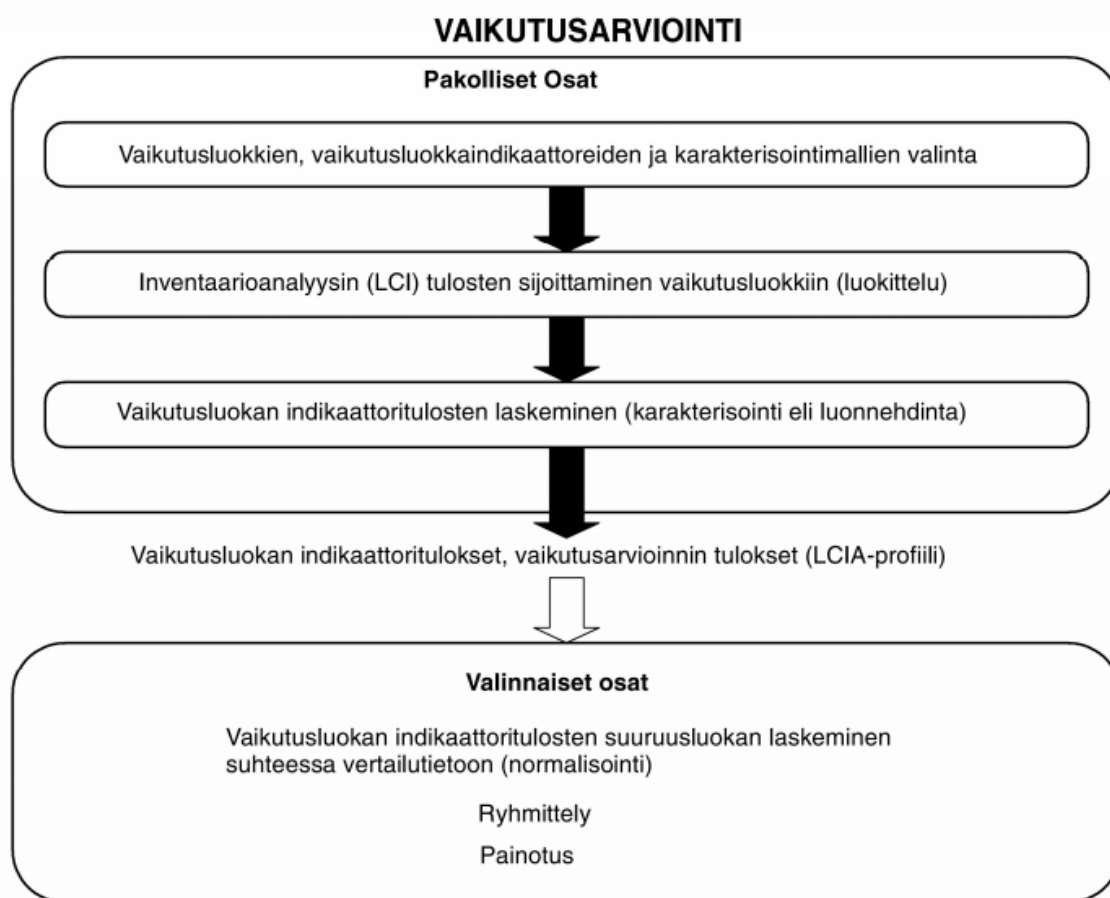
Tietojen tarve, määrä ja luotettavuus on kuvattu elinkaariarvioinnin ensimmäisessä vaiheessa. Inventaarioanalyysin tekemiseen pohjan antaa toiminnallinen yksikkö, jossa kerrotaan, mitä kohden tuotteen valmistukseen liittyvät syötteet on kerätty. (Syke 2017, 3.) Tässä työssä toiminnalliseksi yksiköksi on valittu yksi betonimursketonni.

7.4 Vaikutusten arviointi

Vaikutuksenarviointi LCIA (Life Cycle Impact Assessment) suoritetaan inventaarioanalyysin pohjalta, josta saadut tulokset sijoitetaan vaikutusluokkiin. Tuotteelle tehtävät vaikutuksenarvioinnin kohteet on määritetty elinkaaritarkastelun ensimmäisessä vaiheessa. Tulokset muunnetaan vaikutusluokittain samaan yksikköön karakterisointikertoimien avulla ja tulokset yhdistetään tarkasteltavan vaikutusluokan sisällä. Lopuksi saadaan yksi luku, mikä kuvaa koko vaikutusluokan tulosta. (Syke 2017, 4.)

Vaikutusarvioinnin valinnaisia osia ovat: normalisointi, ryhmittely ja painotus. Normalisoinnissa voidaan vertailla saatuja tuloksia johonkin luotettavan lähteen vertailuarvoon, tämä antaa paremman käsityksen saadusta tuloksesta ja sen luotettavuudesta. Lisäksi tuloksia voidaan ryhmitellä ja painottaa, jossa vaikutusluokkia jaetaan eri ryhmiin, joita voidaan

pistää tärkeysjärjestykseen. Alapuolella kuvassa 9 on havainnollistettu vaikutusarvioinnin pakolliset ja vapaaehtoiset osat. (Syke 2017, 4.)



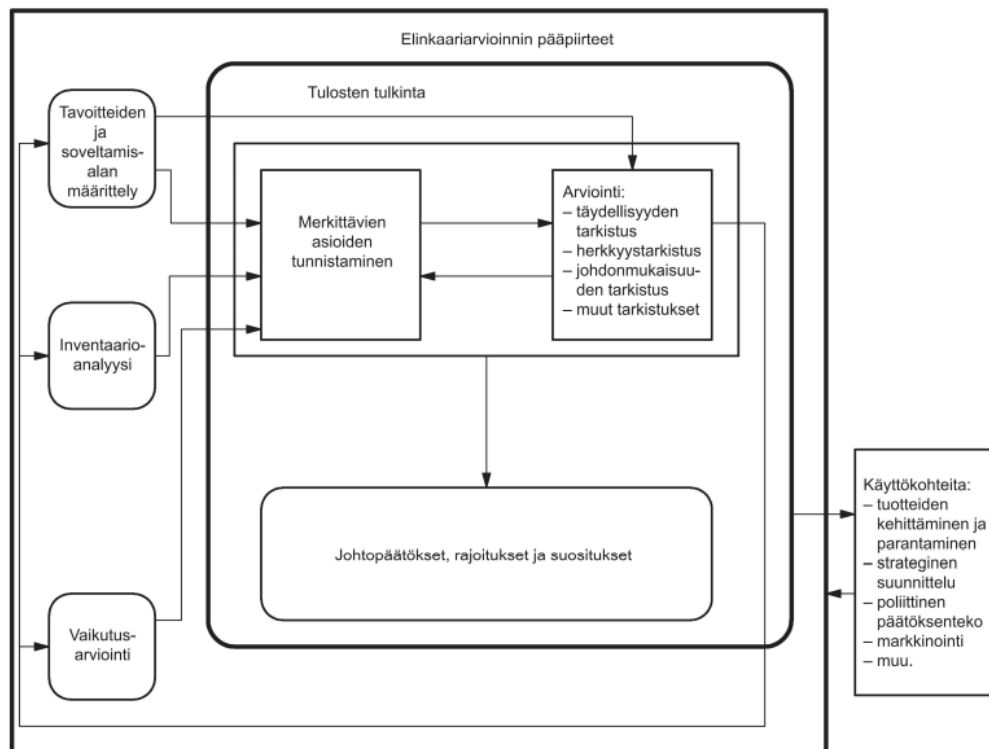
Kuva 9. Pakolliset ja valinnaiset vaikutusarvioinnin osat (SFS-EN ISO 14040, 36)

7.5 Tulosten tulkinta

Viimeisenä elinkaariarvioinnin vaiheena on tulosten tulkinta, jossa esitetään vaikutuksen arvioinnin pohjalta saatujen tuloksien: luotettavuutta, täydellisyyttä, herkkyyttä, lähtötietojen laadun varmuutta ja epävarmuutta. Saatujen tuloksien pohjalta voidaan tehdä tuotteen valmistuksen jatkoon suhteen johtopäätöksiä ja toimenpidesuosituksia tuotteen parantamiseksi ympäristön näkökulmasta. (Syke 2017, 4.)

Vaikutuksenarvioinnista saadut tulokset ovat suuntaa antavia ja pitäisi kuvastaa potentiaalisia ympäristövaikutuksia. Lisäksi tulokset tulee olla johdonmukaisia, selkeästi esitetty ja helposti ymmärrettävissä. (SFS-EN ISO 14040 2006 , 38.)

Alapuolella kuvassa 10 on havainnollistettu elinkaariarvioinnin pääpiirteet.

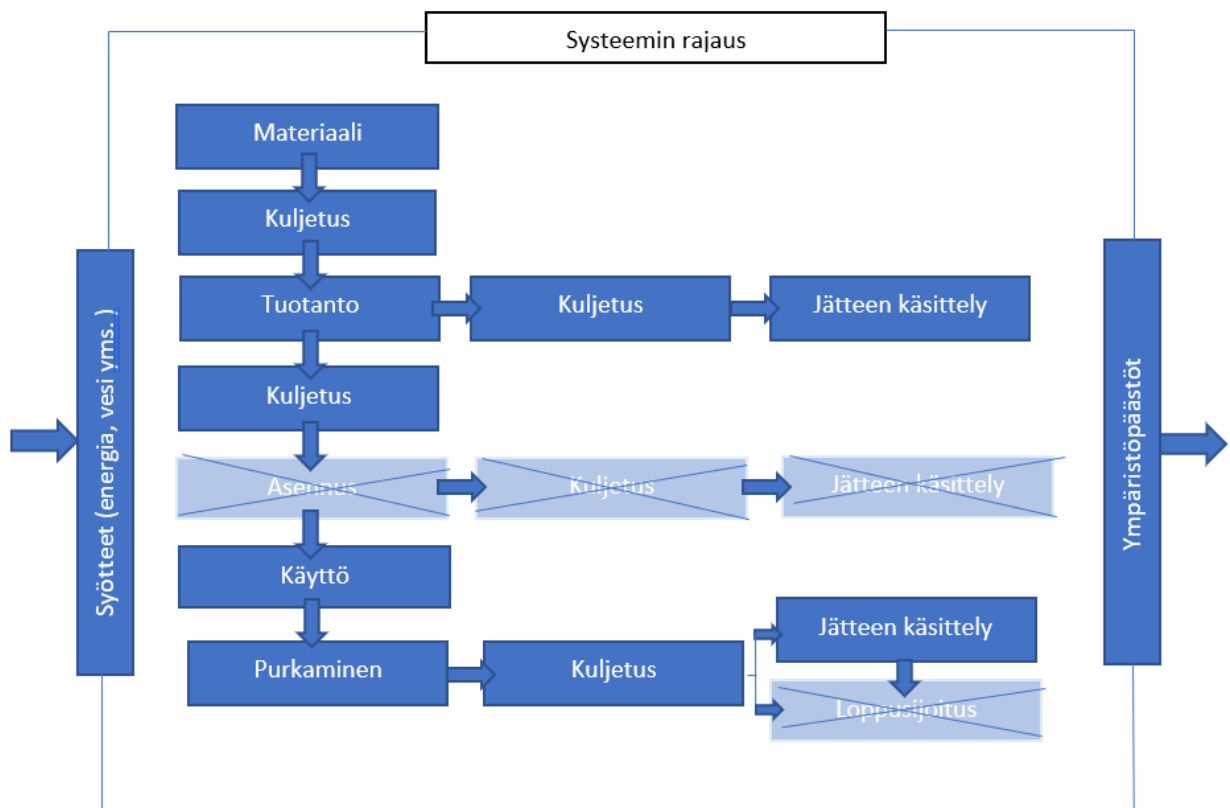


Kuva 10. Elinkaariarviointi pääpiirteet (SFS-EN ISO 14044:2006 + A1:2018, 32)

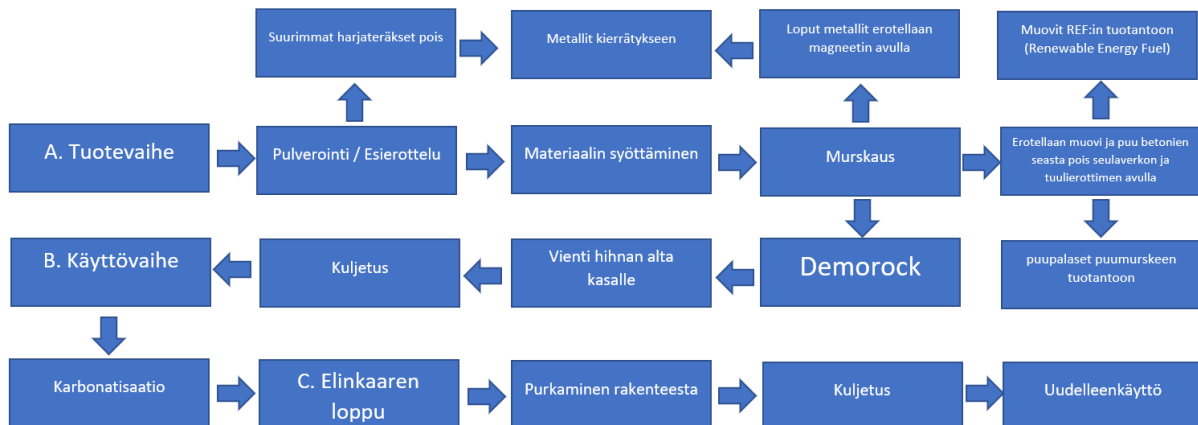
8 Demorock betonimurskeen elinkaariarviointi

8.1 Tavoitteiden ja soveltamisalan määrittelyvaihe

Purkupiha Oy:n Demorock-betonimursketuotteelle suoritettiin SFS-EN ISO 14040 mukainen elinkaariarviointi. Elinkaarilaskennassa huomioitiin kummatkin optiot valmistus kierrätyslaitoksilla ja purkutyömailla, koska Purkupiha Oy valmistaa murskeita omilla kierrätyslaitoksilla ja purkutyömailla. Kuitenkin yksi elinkaarilaskenta pätee kumpaakin, sillä kierrätyslaitoksille tulevat betonijätteet tulevat pääosin asiakkaiden työmailta. Alapuoella kuvassa 11 on kuvattu systeemin rajausta tehtävälle elinkaarilaskennalle ja kuvassa 12 on kuvattu rajausta vastaavat työvaiheet. Purkupiha tekee Demorock-betonimursketta vuosittain noin 400 000 tonnia. Huom. Demorock-betonimurskeen tuotannossa syntyy sivutuotteita kuten harjaterästä, puuta ja muovia. Harjateräksen osuus tonnista betonimursketta on noin 50 kg. Vaikka erotellut metallit tuottavat prosentuaalisesti enemmän taloudellista tuottoa verrattuna Demorock-betonimurskeeseen, ei sivutuotteet ole elinkaarilaskennan tarkastelun kohde.



Kuva 11. Systeemin raja



Kuva 12. Systeemin rajausta vastaavat työvaiheet

Toiminnalliseksi yksiköksi valittiin yksi tonni betonimursketta eli tuotteen elinkaariarvioinnin tulokset on laskettu yhtä valmista tuotettua tonnia kohden. Työkoneiden polttoainekulutukset saatiin kerättyä Purkupiha Oy:n omista tietokannoista, tuotteiden selosteista ja päästötietokanta Lipastosta

Elinkaarilaskenta suoritettiin ympäristötuoteselosteelle Rakennustietosäätiön tuotesääntöjen mukaisesti elinkaarenvaiheissa. Nämä elinkaarenvaiheet käsittävät elinkaaritarkastelun tuotteelle "Kehdosta tehtaan portille vaihtoehtojen kanssa", mitkä käsittävät tuotevaiheen A1-A3, johon kuuluu: raaka-aineiden hankinta, kuljetus valmistukseen ja valmistus. Elinkaarenvaihe A4 käsittää kuljetuksen työmaalle. Elinkaarenvaihe B1 on käyttöä kuvaava elinkaarenvaihe. Elinkaarenpurkuvaihe C1 käsittää rakenteesta purkamisen ja C2 käsittää kuljetuksen uudelleenkäyttöön. Elinkaarenvaiheessa C3 erillistä käsittelyä ei tarvitse tehdä rakenteesta purkamisen jälkeen betonimurskeelle, koska betonimurske on jo käsitelty hyötykäyttökelpoiseksi elinkaarenvaiheessa A1-A3, joten elinkaarenvaiheessa C3 ei liity työvaihetta. Elinkaarenvaiheessa C4 betonimursketta ei loppusijoiteta, vaan koko betonimursketonni voidaan hyödyntää sellaisenaan, joten tämä voidaan jättää elinkaarilaskennan ulkopuolelle. Myös elinkaarenvaihe D jätetään elinkaarilaskennan ulkopuolelle, koska tämä koskee neitseellisiä luonnonvaroja. Materiaalihyöty on jo huomioitu elinkaarenvaiheessa A1 materiaalivalinnassa, jossa materiaalin hankkimiseen ei liity ympäristöpäästöjä. Lisäksi elinkaarilaskennan ulkopuolelle jätettiin elinkaarenvaihe A5, sillä Demorock-betonimurske ainoastaan toimitetaan asiakkaalle. Myöskään mitään hävikkiä ei pääsisi tapahtumaan rakentamisvaiheessa, koska tuotetta ei tarvitse paketoita millään tavalla.

Demorock-betonimurskeelle suoritettavaan SFS-EN ISO 14040 standardin mukaiseen LCA (Life Cycle Assessment) mukaiseen elinkaariarviointiin hyödynnettiin maksullista laskentatyökalua Pre-Verified EPD Generator, CML -työkalua, joka hankittiin One Click

LCA:lta. Ohjelmaan syötetään omasta tuotejärjestelmästä tarvittavat syötteet, mikä antaa suoraan kaikki tarvittavat arvot, joita vaaditaan ympäristötuoteselosteen elinkaariarvioinnissa. Laskentatyökalu sisältää Ecoinvent 3.6 tietokannan. (One Click LCA 2021.)

Elinkaariarvioinnin vaikutusluokat ja indikaattorit valittiin standardin SFS-EN 15804:2012 + A2:2019 mukaan, jotka on esitetty kuvissa 13-18 (SFS-EN 15804:2012 + A2:2019, 34-53.)

Alapuolelle kuvassa 13 on esitetty ympäristötuoteselosteen pakolliset ympäristövaikutusluokat (SFS-EN 15804:2012 + A2:2019, 34.)

Impact category	Indicator	Unit (expressed per functional unit or per declared unit)
Climate change - total ^a	Global Warming Potential total (GWP-total)	kg CO ₂ eq.
Climate change - fossil	Global Warming Potential fossil fuels (GWP-fossil)	kg CO ₂ eq.
Climate change - biogenic	Global Warming Potential biogenic (GWP-biogenic)	kg CO ₂ eq.
Climate change - land use and land use change ^b	Global Warming Potential land use and land use change (GWP-luluc)	kg CO ₂ eq.
Ozone Depletion	Depletion potential of the stratospheric ozone layer (ODP)	kg CFC 11 eq.
Impact category	Indicator	Unit (expressed per functional unit or per declared unit)
Acidification	Acidification potential, Accumulated Exceedance (AP)	mol H ⁺ eq.
Eutrophication aquatic freshwater	Eutrophication potential, fraction of nutrients reaching freshwater end compartment (EP-freshwater)	kg PO ₄ eq.
Eutrophication aquatic marine	Eutrophication potential, fraction of nutrients reaching marine end compartment (EP-marine)	kg N eq.
Eutrophication terrestrial	Eutrophication potential, Accumulated Exceedance (EP-terrestrial)	mol N eq.
Photochemical ozone formation	Formation potential of tropospheric ozone (POCP)	kg NMVOC eq.
Depletion of abiotic resources - minerals and metals ^{c d}	Abiotic depletion potential for non-fossil resources (ADP-minerals&metals)	kg Sb eq.
Depletion of abiotic resources - fossil fuels ^c	Abiotic depletion for fossil resources potential (ADP-fossil)	MJ, net calorific value
Water use	Water (user) deprivation potential, deprivation-weighted water consumption (WDP)	m ³ world eq. deprived

Kuva 13. Rakennustietosäätiön mukaiset keskeiset ympäristövaikutusluokat (SFS-EN 15804 + A2:2019, 34)

Kuvassa 14 on esitetty ympäristövaikutusten lisäindikaattorit, jotka ovat valinnaisia indikaattoreita ympäristötuoteselosteessa. Ympäristövaikutusten lisäindikaattorit kuvaavat vaikutuksia ihmisen terveydelle ja ympäristölle (SFS-EN 15804:2012 + A2:2019, 35.)

Impact category	Indicator	Unit (expressed per functional unit or per declared unit)
Human toxicity, non-cancer effects	Potential Comparative Toxic Unit for humans (HTP-nc)	CTUh
Land use related impacts/ Soil quality	Potential soil quality index (SQP)	dimensionless
Impact category	Indicator	Unit (expressed per functional unit or per declared unit)
Particulate Matter emissions	Potential incidence of disease due to PM emissions (PM)	Disease incidence
Ionizing radiation, human health	Potential Human exposure efficiency relative to U235 (IRP)	kBq U235 eq.
Eco-toxicity (freshwater)	Potential Comparative Toxic Unit for ecosystems (ETP-fw)	CTUe
Human toxicity, cancer effects	Potential Comparative Toxic Unit for humans (HTP-c)	CTUh

Kuva 14. Ympäristövaikutusten lisäindikaattoreita (SFS-EN 15804:2012 + A2:2019, 35.)

Alla kuvassa 15 on esitetty luonnonvarojen/resurssien käyttöä kuvaavat pakolliset indikaattorit (SFS-EN 15804:2012 + A2:2019, 37.)

Parameter	Unit(expressed per functional unit or per declared unit)
Use of renewable primary energy excluding renewable primary energy resources used as raw materials	MJ, net calorific value
Use of renewable primary energy resources used as raw materials	MJ, net calorific value
Total use of renewable primary energy resources (primary energy and primary energy resources used as raw materials)	MJ, net calorific value
Use of non-renewable primary energy excluding non-renewable primary energy resources used as raw materials	MJ, net calorific value
Use of non-renewable primary energy resources used as raw materials	MJ, net calorific value
Total use of non-renewable primary energy resources (primary energy and primary energy resources used as raw materials)	MJ, net calorific value
Use of secondary material	kg
Use of renewable secondary fuels	MJ, net calorific value
Use of non-renewable secondary fuels	MJ, net calorific value
Net use of fresh water	m ³

Kuva 15. Rakennustietosäätiön luonnonvarojen käyttöä kuvaavat pakolliset indikaattorit (SFS-EN 15804:2012 + A2:2019, 37)

Kuvassa 16 ja 17 on havainnollistettu pakollisia muita ympäristöindikaattoreita, jotka täytyy huomioida elinkaarilaskennassa elinkaarenvaiheissa. Muut ympäristöindikaattorit käsittelevät tuotteen valmistuksesta aiheutuvat jätekattegoriat sekä tuote-, materiaali- ja energiavirrat.

Parameter	Unit(expressed per functional unit or per declared unit)
Hazardous waste disposed	kg
Non-hazardous waste disposed	kg
Radioactive waste disposed	kg

Kuva 16. Muut Rakennustietosäätiön mukaiset indikaattorit: jätekattegoriat (SFS-EN 15804 + A2:2019, 38)

Indicator	Unit (expressed per functional unit or per declared unit)
Components for re-use	kg
Materials for recycling	kg
Materials for energy recovery	kg
Exported energy	MJ per energy carrier

Kuva 17. Muut Rakennustietosäätiön mukaiset indikaattorit: tuote-, materiaali- ja energiavirrat (SFS-EN 15804 + A2:2019, 38)

Lisäksi ympäristötuoteselosteessa täytyy esittää kuvan 18 mukaisesti tuotteen tiedot biogeenisestä hiilipitoisuudesta tuotteessa ja pakkauksessa, jos tuote on tekemisissä eloperäisen luonnon kanssa. Tässä tapauksessa biogeenisen hiilen pitoisuutta ei tarvitse

huomioida, koska tuote ei ole tekemisissä eloperäisen hiilen kanssa, eikä tuotetta tarvitse paketoita. (Hartikainen, H. Katajajuuri, J-M. Pulkkinen, H. Saarinen, M. Silvenius, F. Us-
va, K. & Yrjänäinen, H. 2012, 8.)

Biogenic carbon content	Unit (expressed per functional unit or per declared unit)
Biogenic carbon content in product	kg C
Biogenic carbon content in accompanying packaging	kg C
NOTE 1 kg biogenic carbon is equivalent to 44/12 kg of CO ₂ .	

Kuva 18. Tiedot biogeenisestä hiilipitoisuudesta (SFS-EN 15804:2012 + A2:2019, 38)

8.2 Inventaariovaihe

Demorock – betonimurskeen elinkaarilaskennassa kaikki tiedot kerättiin yhtä valmista betonimursketonnia kohden. Demorock - betonimurskeen valmistuksessa syntyy sivutuotteita pulveroinnin ja murskauksen yhteydessä. Yhtä betonimursketonnia kohden syntyy yhteensä noin 1 kg verran puuta ja muovia, josta on noin 700 g puuta ja noin 300 kg muovia. Erotellut puupalaset murskauksen yhteydessä ohjataan kierrätykseen puumurskeen valmistukseen ja erotellut muovit ohjataan kierrätykseen REF:in (Renewable Energy Fuel) valmistukseen. Lisäksi pulveroinnin ja murskauksen yhteydessä poistetaan betonin sisältä harjateräkset. Harjateräksen määrä betonimursketonnia kohden on noin 5 % eli tuhan-
nessa kilossa on noin 50 kg harjaterästä. Erotellut harjateräksen palaset myydään leikat-
tavana rautana eteenpäin.

Elinkaarilaskentatyökalun sisällä kohdassa A1 lisättiin materiaali ja määrä sekä kuljetuse-
täisyys valmistukseen. Tässä elinkaarilaskennassa valittiin materiaaliksi ”secondary mate-
rial”. Tämä materiaali voitiin valita, koska materiaali käsittää kierrätysprosessin. Materiaa-
lia voidaan pitää kuormittamattomana sen tuotantoon, jossa betonin ympäristöpäästöt on
jo laskettu rakennuksen elinkaareen. Kuljetusetäisyydeksi merkittiin 30 km, joka on arvioi-
tu kuljetusetäisyys tuotantolaitokselta hyödyntämiskohteeseen. Vaihtoehtoisesti kuljetuse-
täisyytenä olisi voinut käyttää tuotantolaitokselta Helsinkiin, jollei tarkempaa tietoa olisi
ollut kuljetusetäisyydestä.

Kohdassa A2 lisättiin tarvittavat resurssit, joita tarvitaan tuotteen valmistuksessa, jotka
eivät päädy itse tuotteeseen. Tarvittavat resurssit kohdassa A2 oli öljyn- ja vedenkulutus,
kuluvat muovi- ja metalliosat murskaimessa, työkalut, työkoneiden elinkaari ja kuorma-
auton tuotanto. Kaikki kulutukset laskettiin tonnia kohden.

Työkoneet tarvitsevat dieselin lisäksi toimiakseen hydraulikka- ja moottoriöljyä. Työkonei-
den öljynkulutustiedot ovat peräisin Purkupihan omista tietokannoista. Työkoneiden öljyn-

vaihto suoritetaan taulukon 8 mukaisten tuntimäärien kohdalla kullekin työkoneelle. Litraa per tuntia saadaan, kun jaetaan öljynvaihdon määrä litraa (l) käytön tuntimäärällä (h). Tämä saatu arvo litraa per tuntia jaetaan vielä murskaimen keskituotannon määrällä, jolloin arvoksi saadaan öljynkulutus litraa per tonnia. Öljyä ei erikseen eroteltu hydraulikka- ja voiteluöljyksi, sillä Ecoinvent 6.1 - tietokannassa ei ollut vaihtoehtona kuin voiteluöljy. Täten öljynkulutukset plussattiin vain työkoneittain yhteen tonnia kohden. Alapuoella taulukossa 8 työkoneiden öljyjen kulutustiedot.

LH 566 pyöräkuormaaja (hydrauliikkaöljy)	LH 566 pyöräkuormaaja (moottoriöljy)	LH 936 kaivinkone (hydrauliikkaöljy)	LH 936 kaivinkone (moottoriöljy)	Kleemann mobiilimurskain (hydrauliikkaöljy)	Kleemann mobiilimurskain (moottoriöljy)
vaihto 2000 h välein / 50 l	vaihto 2000 h välein / 200 l	vaihto 2000 h välein / 50 l	vaihto 2000 h välein / 200 l	vaihto 4000 h välein / 600 l	vaihto 500 h välein / 50 l
50 l / 2000 h = 0,025 l/h	200 l / 2000 h = 0,1 l/h	50 l / 2000 h = 0,025 l/h	200 l / 2000 h = 0,1 l/h	600 l / 4000 h = 0,15 l / h	50 l / 500 h = 0,1 l / h
0,025 L/h / 225 t/h = 0,000111 l/t	0,1 l/h / 225 t/h = 0,000444 l/t	0,025 l/h / 225 t/h = 0,000111 l/t	0,1 l/h / 225 t/h = 0,000444 l/t	0,15 l / h / 225 t/h = 0,000666 l / t	0,1 l / h / 225 t/h = 0,000444 l / t
0,000111 l/t	0,000444 l/t	0,000111 l/t	0,000444 l/t	0,000666 l/t	0,000444 l/t

Taulukko 8. Työkoneiden öljyjen kulutustiedot (Purkupiha Oy)

Demorock-betonimursketta valmistaessa pölyntorjuntaan käytetään vettä. Pölyntorjunnassa laitteena käytetään vesisumutinta. Vesisumuttimen tuotetiedoista saatiin helposti laskettua keskimääräinen veden- ja energiankulutus yhtä tonnia kohden. Sähköä ei tuotteen valmistuksessa muuten kulu, sillä Demorock – betonimurske valmistetaan kentällä, johon liittyy ainoastaan työkoneiden polttoainekulutustietoja.

Vedenkulutustiedot saatiin Purkupiha Oy:n omasta vedensumutuslaitteesta Tera 60. Vesisumuttimen virrankulutukseksi valittiin ”Eco boost”, joka käyttää sähköä keskiarvoltaan 10 kwh. Kulutus per tonnia saatiin jakamalla 10 kwh murskaimen keskituotannolla 225 tonnia per tunti. Vedensumutin sumuttaa vettä 500 - 4500 l/h, jonka keskiarvokulutus on 2000 l/h eli 2 m³. Kun jaetaan vedensumuttimen keskiarvokulutus mobiilimurskaimen keskituotannolla, saadaan tulokseksi l/t. Alapuoella taulukossa 9 on esitetty vedensumuttimen keskiarvokulutukset l/t ja L/m³. Vedensumutinta käytetään murskauksessa pölyntorjuntaan.

Tera 60 vesisumutin	Vedenkulutus: 500-4500 l/h	Keskiarvo vedenkulutus: 2000 l/h	Keskiarvokulutus l/t 2000 l / 225 t = 8,88 l / t	Keskiarvokulutus m ³ 2 m ³ / 225 t = 0,0088 m ³ / t
Virrankulutus – Power boost 12 kW (500 l/h) – 16 kW (4500 l/h) Virrankulutus – Eco boost 8 kW (500 l/h) – 12 kW (4500 l/h) Virrankulutus – Eco 6 kW (500 l/h) – 10 kW (4500 l/h)				

Taulukko 9. Veden sumuttimen kulutustiedot (Purkupiha Oy 2021)

Demorock - betonimurskeen valmistuksessa kuluu murskaimen osia, jotka pitää aika-ajoin vaihtaa. Kuluvat osat ovat murskaimen: leuat, matot ja seulaverkot. Vaihdetut metalliosat myydään eteenpäin. Murskain sisältää kolme erillistä mattoa, jonka iso matto vaihdetaan 3 kertaa vuodessa, yksi iso matto painaa 1000 kg, pieni matto vaihdetaan myös kolme kertaa vuodessa, joka painaa 500 kg per kpl sekä magneetin matto, joka vaihdetaan 6 kertaa vuodessa, joka painaa 400 kg per kpl. Murskaimen leuat vaihdetaan 5 kertaa vuodessa 4 kpl kerrallaan, yksi leuka painaa 200 kg. Seulaverkot vaihdetaan 2 kertaa vuodessa, yksi seulaverkko painaa 80 kg. Kulutukset per tonnia saatiin laskettua vaihdettavien kappaleiden määrä kertaa osan paino jaettuna Demorock – betonimurskeen valmistuksen määrän per vuosi. Tällöin saadaan kilomäärä yhtä tuotettua tonnia kohden vuodessa. Käytetyt murskaimen matot hyödynnetään REF:in (Renewable Energy Fuel) valmistuksessa.

Osia vaihdettaessa huomioitiin myös työkalujen osuus yhtä tuotettua tonnia kohden. Työkaluja on käytössä 3 eri työkalua, jossa yhden työkalun paino on 1 kg. Täten laskettiin kappalemäärä kertaa kilomäärä kertaa vaihdettavien osien määrä yhteensä jaettuna vuosittaisella Demorock-betonimurskeen vuosituotolla. Kyseinen laskukaava saatiin suoraan One Click LCA:lta.

Työkoneiden ja kuorma-auton elinkaari täytyi myös huomioida elinkaarenvaiheessa A2. Työkoneille ja kuorma-autolle laskettiin keskiarvo käyttöiäksi 10 vuotta. Tarvittaville työkoneille laskettiin kulutus tonnia kohden laskemalla koneiden lukumäärä jaettuna kymmenellä vuodella. Tämän jälkeen luku jaettiin vielä vuosittaisella tuotetulla määrällä 400 000 tonnia. Lisäksi kuorma-auton tuotanto täytyi vielä huomioida kohdassa A3 kertomalla saatu arvo kohdassa A2 kuorma-auton painolla 40 000 kg sekä lisätä kuorma-auton tuotannonetäisyys, jonka keskiarvoksi arvioitiin 500 km.

Tuotteen valmistuksessa elinkaarenvaiheessa A3 tuotteen valmistuksessa tuli huomioida dieselin kulutus työkoneissa MJ, joka laskettiin kaikkien työkoneiden yhteiskulutusmäärä tonnia kohden kerrottuna dieselin lämpöarvo 43,2 MJ. Dieselin lämpöarvo saatiin Lipas-

tosta. Lisäksi pieni sähkönkulutus tarvitaan vesisumuttimen käyttöön. Alapuolella taulukossa 10 Lipastosta saatu fossiilisen dieselin lämpöarvo vuodelta 2016.

Fossiilinen Diesel v. 2016	Lämpöarvo 43,2 MJ/l
----------------------------	---------------------

Taulukko 10. Diesel lämpöarvo (VTT 2016)

Kaikkien työkonien polttoainekulutukset ovat peräisin Purkupiha Oy:n omien työkonien ajotietokoneista, joiden kulutustiedot on saatu litraa (l) per tuntia (h) kohden. Purkupiha Oy:n omistama mobiilimurskain (Kleemann) murskaa valmista betonimursketta keskimäärin 225 tonnia (tn) tunnissa (h.) Näin ollen polttoainekulutukset työkonille (mobiilimurskain, pyöräkuormaaja, kaivinkone) on saatu yhtä tonnia kohden jakamalla työkonien polttoainekulutukset litraa per tunti (l/h) jaettuna murskaimen keskituotanto tunnissa (tn/h), jolloin saadaan tulokseksi litraa per tonni (l/tn.) Taulukossa 11 on esitetty laskettujen työkonien polttoainekulutukset yhtä betonimursketonnia kohden. (Purkupiha Oy 2021.)

Työkoneet	Kulutus l/h	Kulutus l/t
Kleemann mobiilimurskain	24,7	24,7 l / 225 t = 0,11
LH 566 pyöräkuormaaja	15,0	15 l / 225 t = 0,07
LH 936 kaivinkone	30,0	30 l / 225 t = 0,13
Kleemann mobiilimurskain keskituotanto 225 t/h		

Taulukko 11. Tarvittavien työkonien diesel kulutustiedot litraa tuntia kohden (Purkupiha Oy 2021)

Elinkaarenvaiheeseen A4 kirjattiin ainoastaan kuljetettu massa 1000 kg ja kuljetusetäisyys 30 km.

Käytönaikainen vaikutus elinkaarenvaiheessa B1 saatiin laskettua One Click LCA:n karbonatisaatio excel – työkalua hyödyntäen. Lisäksi One Click LCA:lta saatiin tarvittavat laskukaavat ja arvot karbonatisaation määrän laskemiseen. Karbonatisaation määräksi Demorock – betonimurskeelle laskettiin 7.01 kg CO₂. Liitteessä 1 on esitetty laskettu potentiaalinen karbonatisaation määrä Demorock – betonimurskeelle.

Elinkaaren loppuvaiheessa C1 kirjattiin kaivinkoneen dieselin kulutus purkamista rakenteesta yhtä tonnia kohden ja C2 kirjattiin kuljetettu määrä 1000 kg sekä kuljetusetäisyys 30 km uuteen hyödyntämiskohteeseen. Elinkaarenvaiheessa C3 ei tarvitse tehdä mitään käsittelyä ja elinkaarenvaiheessa, joten voitiin valita resurssi "components for re-use" ja lisätä 1000 kg. Tällöin käsittelystä ei koidu mitään ympäristövaikutuksia. Elinkaarenvai-

heet C4 ja D jätettiin tarkastelun ulkopuolelle, koska mitään ei päädy loppusijoitukseen ja elinkaarenvaihe D koskee neitseellisiä luonnonvaroja.

8.3 Vaikutusten arviointi

Vaikutuksenarviointi suoritettiin inventaarioanalyysin pohjalta määritetyissä elinkaarenvaiheissa. Rakennustietosäätiön standardin SFS-EN 15804:2012 + A2:2019 määäämät ympäristövaikutuksien arvioinnin kohdat ovat: keskeiset ympäristövaikutusluokat, luonnonvarojen käyttöä kuvaavat indikaattorit sekä muut ympäristöindikaattorit. Biogeenistä hiiltä ei tarvitse huomioida tässä ympäristötuoteselosteessa ja ympäristövaikutusten lisäindikaattorit ovat vapaaehtoisia. (SFS-EN 15804 + A2 2019, 34-38.)

Keskeisiin ympäristövaikutusluokkiin kuuluu pakolliset 13 indikaattoria, jotka on esitetty kuvassa 11 sekä vapaaehtoiset 6 lisäindikaattoria, jotka on esitetty kuvassa 14 voidaan esittää ympäristötuoteselosteessa (SFS-EN 15804:2012 + A2:2019, 34-35.)

Luonnonvarojen käyttöä kuvaavat pakolliset indikaattorit on kuvattu kuvassa 15 (SFS-EN 15804:2012 + A2:2019, 37.)

Pakolliset muut ympäristökategoriat sisältävät: jätekattegoriat: vaarallinen jäte, kaatopaikkajäte ja radioaktiivinen sekä tuote- materiaali- ja energiavirrat, jotka on kuvattu kuvissa 16 ja 17 (SFS-EN 15804:2012 + A2:2019, 37-38.)

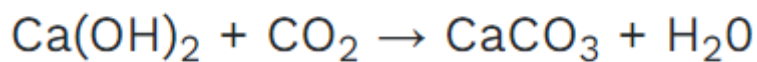
Viimeisenä on biogeeninen hiilipitoisuus, mikä sisältää: biogeenisen hiilipitoisuuden tuotteessa ja biogeeninen hiilipitoisuus pakkauksessa. Tässä tapauksessa biogeenistä hiiltä ei tarvitse huomioida (SFS-EN 15804:2012 + A2:2019.)

9 Karbonatisaatio

9.1 Betonin karbonatisaatio

Betonin karbonatisaatiolla tarkoitetaan sitä, että betoni pystyy sitomaan hiilidioksidia ilmasta itseensä, jolla tasataan valmistuksessa koituvia päästöjä ilmaan. Betonimurskeen karbonatisaatiolla on potentiaalia ympäristön näkökulmasta, sillä oikeita kierrätysmenetelmiä hyödyntäen on mahdollista sitoa peräti 40-90 % takaisin betoniin. Betonimurskeessa on paljon potentiaalia karbonatisaatiolle, koska betonimurske sisältää paljon karbonatisoitumatonta pinta-alaa. (Ginström, 2021.)

Betonin sideaineen valmistus tapahtuu kuumentamalla kalkkipitoista kiviainetta sementtiunissa, jossa kiviaineksen mineraalit alkavat sulaa ja reagoida keskenään. Tämän yhteydessä kalkkikiveen sitoutunut fossiilinen hiilidioksidi pääsee vapautumaan ilmaan. Betoni toimii kuitenkin hiilinieluna, joten suuri osa vapautuneesta hiilidioksidista voidaan sitoa takaisin betoniin. Alapuoella kaavassa 1 on havainnollistettu betonin karbonatisoituminen, jossa ilman hiilidioksidi reagoi kalsiumhydroksidin kanssa muodostaen lopputuotteena kalsiumkarbonaattia (kalkkikiveä) ja vettä. (Concrete Solutions, 2021.)

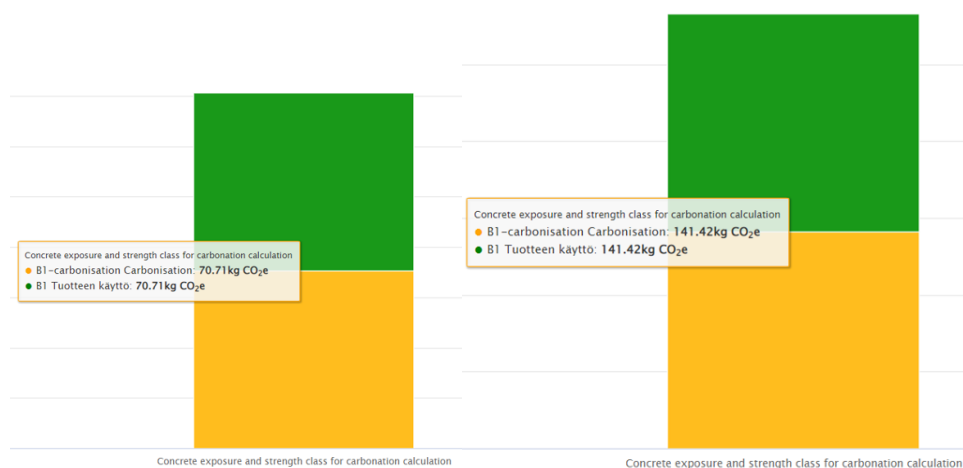


Kaava 1. Betonin karbonatisoituminen (Concrete Solutions)

Betonirakenteissa betonin karbonatisoitumista voidaan pitää haitallisena ilmiönä. Betonin karbonatisoitumisen seurauksena betonin PH-arvo laskee, joka johtaa betonien sisältämien terästen ruostumiseen riittävän kosteuden päästessä kosketuksiin terästen kanssa. Betonin karbonatisoituminen näkyy betonirakenteissa erilaisina rappeumina. (Concrete Solutions.)

Demorock – betonimurskeelle laskettiin potentiaalinen karbonatisaation määrä One Click LCA:n excel –laskentatyökalua hyödyntäen. Potentiaaliseksi karbonatisaation määräksi laskettiin 7.01 kg CO₂. Suoritetu lasku karbonatisaation määrälle kuvattu liitteessä 1.

Vaikuttavia tekijöitä betonin karbonatisaatioon on esimerkiksi. aika, palakoko ja pinta-ala. Alapuoella kuvassa 19 olen havainnollistanut betoninkarbonatisaatiota pinta-alan näkökulmasta. Alapuoella kuvan 20 mukaan pinta-alan tuplaantuessa betonin karbonatisaation määrä on tuplasti suurempi.



Kuva 19. Betonin karbonatisaatio (One Click LCA)

10 Tulosten esittäminen

10.1 Tulokset

Tulokset saatiin standardin EN 15804+A2 mukaisille indikaattoreille elinkaarilaskentatyökalusta, joka hommattiin One Click LCA:lta. Ohjelman sisällä valittiin tarvittavat resurssit Ecoinvent 3.6 – tietokannasta yritystilille, joita tarvitaan Demorock–betonimurskeen valmistuksessa eri elinkaarenvaiheissa. Resurssien lisäämisen jälkeen lisättiin kulutustiedot inventaarioanalyysin pohjalta valittujen resurssien alle. Lopuksi elinkaarilaskentatyökalu laski automaattisesti päästöt standardin EN 15804+A2 mukaisille pakollisille indikaattoreille. Taulukoissa 12-15 on esitetty saadut tulokset pakollisia ympäristöindikaattoreita kohden.

10.2 CO₂e ja muut keskeiset ympäristövaikutusluokat

Kasvihuonepäästöt aiheutuvat abioottisten fossiilisten luonnonvarojen käytöstä, sillä Demorock - betonimurskeen valmistukseen tarvitaan eri työkoneita tuotteen valmistuksessa, jotka kuluttavat fossiilisia öljypohjaisia polttoaineita. Lisäksi tuotteen kuljetuksessa käytetään kuorma-autoa, joka kuluttaa myös fossiilisia polttoaineita.

Demorock - betonimurskeen käytönaikainen karbonatisaatio elinkaarenvaiheessa B1 on - 7,01 kg CO₂e, jonka ansiosta Demorock-betonimurskeen kokonaispäästöt ovat hieman alle – 2 kg CO₂e. Demorock-betonimurske on hiilinegatiivinen tuote, kun käytönaikainen vaikutus lasketaan mukaan.

Lisäksi päästöjä kohdistuu makean veden rehevöitymiseen ja stratosfääriin otsonikerroksen heikkenemispotentiaaliin. Elinkaarenavaiheessa A1 ei koidu päästöjä ympäristölle, sillä syöttöpanoksena käytettävää materiaalia ei tarvitse erikseen hankkia/valmistaa vaan kyseessä on kierrätysmateriaali.

CORE ENVIRONMENTAL IMPACT INDICATORS – EN 15804+A2, PEF

Impact category	Unit	A1	A2	A3	A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
GWP – total	kg CO ₂ e	0E0	2,71E0	1,38E0	4,09E0	2,7E0	MND	-7,01E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	0E0	2,73E0	0E0	0E0	0E0
GWP – fossil	kg CO ₂ e	0E0	2,7E0	1,38E0	4,08E0	2,73E0	MND	-7,01E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	0E0	2,73E0	0E0	0E0	0E0
GWP – biogenic	kg CO ₂ e	0E0	1,98E-3	-1,86E-4	1,79E-3	1,98E-3	MND	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	0E0	1,98E-3	0E0	0E0	0E0
GWP – LULUC	kg CO ₂ e	0E0	8,21E-4	3,34E-4	1,15E-3	8,21E-4	MND	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	0E0	8,21E-4	0E0	0E0	0E0
Ozone depletion pot.	kg CFC ₁₂ e	0E0	6,41E-7	2,82E-7	9,23E-7	6,41E-7	MND	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	0E0	6,41E-7	0E0	0E0	0E0
Acidification potential	mol H ⁺ e	0E0	1,38E-2	1,33E-2	2,72E-2	1,15E-2	MND	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	0E0	1,15E-2	0E0	0E0	0E0
EP-freshwater ¹⁾	kg Pe	0E0	2,22E-5	9,54E-6	3,17E-5	2,22E-5	MND	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	0E0	2,22E-5	0E0	0E0	0E0
EP-marine	kg Ne	0E0	4,7E-3	5,78E-3	1,04E-2	3,45E-3	MND	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	0E0	3,45E-3	0E0	0E0	0E0
EP-terrestrial	mol Ne	0E0	5,17E-2	6,31E-2	1,15E-1	3,81E-2	MND	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	0E0	3,81E-2	0E0	0E0	0E0
POCP ("smog")	kg NMVOCe	0E0	1,55E-2	1,76E-2	3,3E-2	1,23E-2	MND	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	0E0	1,23E-2	0E0	0E0	0E0
ADP-minerals & metals	kg Sbe	0E0	4,65E-5	2,24E-5	6,89E-5	4,65E-5	MND	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	5,47E-8	4,65E-5	0E0	0E0	0E0
ADP-fossil resources	MJ	0E0	4,24E1	1,91E1	6,15E1	4,24E1	MND	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	5,68E0	4,24E1	0E0	0E0	0E0
Water use ²⁾	m ³ e depr.	0E0	1,58E-1	2,6E-1	4,18E-1	1,58E-1	MND	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	0E0	1,58E-1	0E0	0E0	0E0

1) GWP = Global Warming Potential; EP = Eutrophication potential; POCP = Photochemical ozone formation; ADP = Abiotic depletion potential. 2) EN 15804+A2 disclaimer for Abiotic depletion and Water use and optional indicators except Particulate matter and Ionizing radiation, human health. The results of these environmental impact indicators shall be used with care as the uncertainties on these results are high or as there is limited experienced with the indicator. 3) Required characterisation method and data are in kg P-eq. Multiply by 3,07 to get PO₄e.

Taulukko 12. Keskeiset ympäristövaikutuskategoriat (One Click LCA)

10.3 Luonnonvaroja kuvaavat indikaattorit

Merkittävimmät luonnonvaroja kuvaavat resurssit ovat kierrätysmateriaalien käyttö kg, sillä Demorock-betonimurskeen valmistukseen hyödynnetään 100 % purkubetonia. Toinen merkittävä luonnonvarojen kuvaava resurssi on uusiutumattoman energian resurssien käyttö energiana, sillä työkoneisiin kohdistuu fossiilisia polttoaineita. Lisäksi tarvitaan pieni sähkönkulutus vesisumutinta kohtaan. Vesisumutinta ja puhdasta vettä käytetään pölyn-torjunnassa.

Luonnonvarojen käyttöä kuvaavista resursseista, joita ei kulu yhtään ovat: uusiutuvan- ja uusiutumattoman energian resurssien käyttö raaka-aineena ja uusiutuvan- ja uusiutumattoman kierrätyspolttoaineen käyttö.

USE OF NATURAL RESOURCES

Impact category	Unit	A1	A2	A3	A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
Renew. PER as energy	MJ	0E0	5,34E-1	2,96E-1	8,3E-1	5,34E-1	MND	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	4,32E-1	5,34E-1	0E0	0E0	0E0
Renew. PER as material	MJ	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	MND	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0
Total use of renew. PER	MJ	0E0	5,34E-1	2,96E-1	8,3E-1	5,34E-1	MND	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	4,32E-1	5,34E-1	0E0	0E0	0E0
Non-re. PER as energy	MJ	0E0	4,24E1	1,91E1	6,15E1	4,24E1	MND	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	6,14E0	4,24E1	0E0	0E0	0E0
Non-re. PER as material	MJ	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	MND	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0
Total use of non-re. PER	MJ	0E0	4,24E1	1,91E1	6,15E1	4,24E1	MND	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	6,14E0	4,24E1	0E0	0E0	0E0
Secondary materials	kg	1E3	0E0	6,55E-3	1E3	0E0	MND	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0
Renew. secondary fuels	MJ	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	MND	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0
Non-ren. secondary fuels	MJ	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	MND	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0
Use of net fresh water	m³	0E0	8,83E-3	1,14E-2	2,02E-2	8,83E-3	MND	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	3,01E-4	8,83E-3	0E0	0E0	0E0

6) PER = Primary energy resources

Taulukko 13. Resurssien käyttöä kuvaavat indikaattorit (One Click LCA)

10.4 Jätekategoriat

Jätettä syntyy tuotantovaiheessa, joita ovat: murskaimen kuluvat osat kuten murskaimen matot ja metalliosat. Murskaimen kumimatot hyödynnetään REF:in (Renewable Energy Fuel) valmistuksessa. Käytetyt metalliosat myydään eteenpäin. Näin ollen mitään ei päädy kaatopaikalle vaan kaikki pyritään kierrättämään.

Lisäksi huomioitavaa on, että betonimursketonnia ei tarvitse erikseen käsitellä purkamisen jälkeen mitenkään, eikä mitään ei päädy loppusijoitukseen.

END OF LIFE – WASTE

Impact category	Unit	A1	A2	A3	A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
Hazardous waste	kg	0E0	4,12E-2	3,07E-2	7,2E-2	4,12E-2	MND	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	1,52E-6	4,12E-2	0E0	0E0	0E0
Non-hazardous waste	kg	0E0	4,56E0	4,21E-1	4,98E0	4,56E0	MND	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	2,46E-3	4,56E0	0E0	0E0	0E0
Radioactive waste	kg	0E0	2,91E-4	1,3E-4	4,21E-4	2,91E-4	MND	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	4,08E-5	2,91E-4	0E0	0E0	0E0

Taulukko 14. Jätekategoriat (One Click LCA)

10.5 Tuote, materiaali- ja energiavirrat

Elinkaarenloppu on suoraviivainen. Purkamisen jälkeen rakenteesta koko betonimursketonni päätyy uudelleen käyttöön sellaisenaan. Mitään ei tarvitse käsitellä purkamisen jälkeen.

END OF LIFE – OUTPUT FLOWS

Impact category	Unit	A1	A2	A3	A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
Components for re-use	kg	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	MND	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	0E0	0E0	1E3	0E0	0E0
Materials for recycling	kg	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	MND	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0
Materials for energy rec	kg	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	MND	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0
Exported energy	MJ	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	MND	0E0	MND	MND	MND	MND	MND	MND	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0

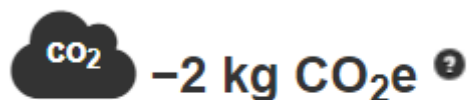
Taulukko 15. Tuote-, materiaali- ja energiavirrat (One Click LCA)

10.6 Tulosten tulkinta ja johtopäätökset

Saadut tulokset kuvaavat keskiarvollista kulutusta yhtä tuotettua tonnia kohden, joten tulokset ovat suuntaan antavia. Tuotantoprosessissa on otettu kaikki tarvittavat työvaiheet mukaan, joita tarvitaan Demorock-betonimurskeen valmistuksessa. Mitään työvaihetta ei ole jätetty tarkastelun ulkopuolelle. Kaikista työvaiheista saatiin kerättyä tarvittavat kulu-tustiedot Purkupiha Oy:n omista tietokannoista ja tietokanta Lipastosta. Elinkaarilaskenta suoritettiin Demorock-betonimurskeelle maksullista elinkaarilaskentatyökalua hyödyntäen, joka hankittiin One Click LCA:lta.

Elinkaarilaskenta saatiin suoritettua Demorock-betonimurskeelle pakollisille Rakennustie-tosäätiön mukaisille indikaattoreille, pakollisissa elinkaarenvaiheissa. Tarkastelun ulko-puolelle voitiin jättää elinkaarenvaiheet A5, C4 ja D. Lisäksi tarkasteluun otettiin mukaan käytönaikainen vaikutus elinkaarenvaiheessa B1. Täten elinkaarilaskenta käsitti tarkaste-lun kehdosta tehtaan portille vaihtoehtojen kanssa.

Tuloksista merkittävimmät huomiot kohdistuivat elinkaaren ensimmäiseen vaiheeseen A1, josta voidaan huomata, että raaka-aineen valmistukseen ei liity mitään päästöjä, koska materiaali saadaan nollapäästöisenä valmistukseen. Tehdyn elinkaarilaskennan mukaan kehdosta tehtaan portille vaihtoehtojen kanssa tuotteen kokonaishiilipäästöt ovat noin – 2 kg CO₂e. Näin ollen Demorock-betonimurske sitoo itseensä 2 kg enemmän hiilidioksidia kuin päästää ilmaan. Pelkästään Demorock-betonimurskeen hyödyntäminen betonin kar-bonatisaation näkökulmasta Demorock-betonimurskeen hyödyntäminen maarakentami- sessa on ympäristön näkökulmasta parempi vaihtoehto verrattuna kalliomurskeeseen. Alapuolella kuvassa 20 saatu kokonaispäästöarvo hiilidioksidia kohtaan.



Kuva 20. Hiilidioksidiekvivalentin kokonaispäästöarvo (One Click LCA)

Demorock-betonimurskeen hyödyntämisen ansiosta säästetään neitseellisiä luonnonvaroja, koska materiaali saadaan suoraan purkukohteista. Tällöin ei tarvitse erikseen valmistaa tai hankkia tarvittavia materiaaleja. Lisäksi purkukohteista saadut purkubetonit saadaan kierrätettyä materiaalina maarakennuskohteisiin murskauksen avulla.

Tulevaisuudessa Demorock-betonimurskeen valmistusta voidaan yhä kehittää ympäristöystävällisempään suuntaan korvaamalla fossiilisia polttoaineita uusiutuvilla polttoaineilla tai sähkökäyttöisillä työkoneilla. Lisäksi kuljetusetäisyyksien supistaminen entisestään parantaa tuotteen hiilinegatiivisuutta.

11 Yhteenveto

Opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia Demorock-betonimurskeesta Rakennustietosäätiön mukainen EPD. Rakennustietosäätiön mukainen ympäristötuoteseloste sisältää omat tuotesäännöt, jonka mukaan ympäristötuoteseloste tuli laatia. Rakennustietosäätiön mukaista ympäristötuoteselostetta ohjasi kestävän rakentamisen standardin ISO-EN 15804:2012 + A2:2019, mikä kertoi ympäristötuoteselosteen laadinnan yleissäännöt.

Demorock-betonimurskeelle laadittu ympäristötuoteseloste on standardin SFS-EN ISO 14025 mukainen ympäristömerkki, joka sisältää elinkaariarvioinnin sekä on kolmannen osapuolen verifioimaa tietoa. Elinkaariarviointi laadittiin Demorock-betonimurskeelle Standardien SFS-EN ISO 14040 ja SFS-EN ISO 14044 mukaan. Elinkaariarviointi suoritettiin standardien määäämissä pakollisissa elinkaarenvaiheissa, pakollisille standardien mukaisille indikaattoreille. Elinkaariarviointi tehtiin inventaarioanalyysin pohjalta. Tarvittavat tuotantoprosessit ja kulutustiedot saatiin Purkupiha Oy:n omista tietokannoista. Elinkaari-laskennassa hyödynnettiin maksullista elinkaarilaskentatyökalua.

Ympäristötuoteselosteen loppuun saattamisessa pitää asiakirjat toimittaa vielä verifioitavaksi kolmannelle osapuolelle. Verifioinnilla varmistetaan, että tiedot ovat luotettavia ja ympäristötuoteseloste on laadittu oikein tuotesääntöjä noudattaen. Hyväksytylle ympäristötuoteselosteelle myönnetään Rakennustietosäätiön mukainen ympäristömerkki. Rakennustietosäätiön mukainen ympäristömerkki on voimassa kerrallaan aina 5 vuotta, jonka jälkeen tietojen pitävyys tulee tarkistaa. Ympäristötuoteselostetta tullaan hyödyntämään yritysten välisessä viestinnässä. Hyväksytty ympäristötuoteseloste tulee julkiseksi Rakennustietosäätiön tietoportaaliin, johon voi kuka tahansa käydä tutustumassa.

Demorock-betonimurskeen hyödyntäminen maarakentamisessa kalliomurskeen sijaan on kannattavaa, koska Demorock-betonimurske toimii hiilinieluna. Tehdyn elinkaarilaskennan perusteella Demorock-betonimurske on jopa hiilinegatiivinen tuote. Hyödyntämällä Demorock-betonimursketta säästetään myös neitseellisiä luonnonvaroja. Lisäksi etuna on se, että materiaali saadaan valmistukseen nollapäästöisenä.

Lähteet

Concrete Solutions 2021. Karbonatisoituminen. Saatavissa [Karbonatisoituminen | Concretesolution](#)

Ginström, A-L. 2021. Betonimurske tekee tuplasti hyvää. Infra, Suomen maa- ja vesirakentamisen oma lehti. Viitattu 2/2021. Ei saatavissa.

Hartikainen, H. Katajajuuri, J-M. Pulkkinen, H. Saarinen, M. Silvenius, F. Usva, K. & Yrjänäinen, H. 2012. Suositus elintarvikkeiden ilmastovaikutusten arvioimiseksi elinkaariarvioinnilla. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT. Viitattu 7.11.2012. Saatavissa Karelia. LCA- ja hiilijalanjälkilaskelmat, EPD ja ympäristösertifiointi. Ei saatavissa.

One Click LCA 2021. Laske elinkaari vaikutuksesi minuuteissa. Viitattu 15.9.2021. Saatavissa [Maailman nopein rakennusten elinkaariarviointiohjelmisto - One Click LCA](#)

Purkupiha Oy 2021a. Demorock-betonimurske tuoteseloste 0/45. Saatavissa [Demorock®-betonimurske maanrakennukseen - Purkupiha Group Oy](#)

Purkupiha Oy 2021b. Demorock-betonimurske tuoteseloste 0/90. Saatavissa [Demorock®-betonimurske maanrakennukseen - Purkupiha Group Oy](#)

Purkupiha Oy 2021c. Laadunhallintakäsikirja. Ei saatavissa.

Rakennustietosäätiö 2016. RTS PCR-menetelmäohje: Rakennustietosäätiö RTS:n julkaisemat ympäristötuoteselosteet. Viitattu 2.6.2016. Saatavissa [EPD menetelmäohje.pdf](#)

Rakennustietosäätiö 2019. Menetelmäohje rakennustuotteiden ympäristöselosteiden (RTS EPD) laadintaan. Rakennustietosäätiö RTS. Viitattu 26.8.2020. Saatavissa [RTS PCR](#)

Räty, T & Jallinoja, M. 2019. Ympäristötuoteselosteen laatiminen ja prosessi – Case LÄHIPUU. Luonnonvarakeskus Luke. Viitattu 27.3.2019. Saatavissa [LÄHIPUU ympäristöselosteen laatiminen \(karelia.fi\)](#)

Sahlberg, S. 2021. Ympäristöjohtamisen standardisarja ISO 14000. Suomen Standardoimisliitto SFS ry. Viitattu 2/2021. Saatavissa [Ympäristöjohtamisen-standardisarja-ISO-14000_esite.pdf \(sfs.fi\)](#)

Salminen, Turunen, J, Fjäder, T & Päivi 2020. Muistio kansallisten EoW-menettelyiden mahdollisuuksista mekaanisen muovinkierrätyksen edistämisestä. Viitattu 12.6.2020.

Saatavissa [Muovien-mekaaninen-kierratys-Suomessa muistio 120620-02863024_3DA1_4EE0_9C5E_D066AC0EA49C-161191.pdf \(ym.fi\)](#)

Sariola, L. 2021. RTS EPD Luotettavaa ympäristötietoa rakennustuotteista. Rakennustietosäätiö RTS. Viitattu 15.10.2021. Ei saatavissa.

SFS-EN 14025:2010. Ympäristömerkit ja -selosteet. Periaatteet ja menettelyt. Suomen Standardoimisliitto SFS. Vahvistettu 20.9.2010. Saatavissa [1631522586179_6.pdf](#)

SFS-EN 15804:2012 + A2:2019. Sustainability of construction works. Environmental product declarations. Core rules for the product category of construction products. Suomen Standardoimisliitto SFS. Vahvistettu 8.11.2019. Saatavissa [SFS-EN ISO 15804+A2 2019 en.pdf](#)

SFS-EN 15804+A1:2014. Kestävä rakentaminen. Rakennustuotteiden ympäristöselosteet. Laadinnan yleissäännöt. Suomen Standardoimisliitto SFS. Vahvistettu 27.1.2014. Saatavissa [EN 15804.pdf](#)

SFS-EN ISO 14040:2006. Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Periaatteet ja Pääpiirteet. Suomen Standardoimisliitto SFS. Vahvistettu 18.12.2006. Saatavissa [Standardi 14040.pdf](#)

SFS-EN ISO 14044:2006 + A1:2018. Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Vaatimukset ja suuntaviivoja. Suomen Standardoimisliitto SFS. Vahvistettu: 16.2.2018. Saatavissa [Standardi 14044.pdf](#)

Suomen Ympäristökeskus 2017. Tietoa elinkaariarvioinnista (LCA) ja elinkaariklinikka toimintamallista pk-yrityksille. Toimintamalli yritysten elinkaaristen ympäristövaikutusten kehittämiseksi (MALLI-Y) -hanke. Viitattu 2017. Saatavissa [Tietopaketti LCA ja elinkaariklinikat \(1\).pdf](#)

Suomen ympäristökeskus SYKE 2020. Jätteiden hyödyntäminen maarakentamisessa. Viitattu 9.7.2020 klo 14.28, päivitetty 9.7.2020 klo 15.16. Saatavissa [Ymparisto > Jätteiden hyödyntäminen maarakentamisessa](#)

Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017. Lipasto yksikköpäästöt -tietokanta. Yksikköpäästötaulukkoissa esitettyjen polttoaineiden tunnusluvut 2016. Päivitetty 2.10.2017. Saatavissa [lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/tunnusluvut/tunnusluvuttie.htm](#)

Turunen, T. 2017. Jätesäätelyn pullonkaulojen purkaminen END-of-Waste säätelyn kautta. Oikeutta kohtuudella – The Blog Of UEF LAW SCHOOL. Viitattu 21.6.2017. Saatavissa [Jätesäätelyn pullonkaulojen purkaminen End-of-Waste säätelyn kautta - OIKEUTTA KOHTUUDELLA – THE BLOG OF UEF LAW SCHOOL](#)

Valtioneuvoston asetus 843/2017. Eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa. Finlex. Viitattu 7.12.2017. Saatavissa [Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden... 843/2017 - Säädökset alkuperäisinä - FINLEX®](#)

Valtioneuvoston asetusluonnos. Arviointiperusteista sen määrittämiseksi, milloin betonimurske lakkaa olemasta jätettä. Ei saatavissa.

Ympäristö 2013. Elinkaariarviointi, jalanjäljet ja panos-tuotosmalli. Viitattu 6.11.2013 klo 9:56, päivitetty 4.12.2013 klo 10:56. Saatavissa [Ymparisto > Elinkaariarviointi, jalanjäljet ja panos-tuotosmalli](#)

Liite 1. Laskettu potentiaalinen karbonatisaation määrä Demorock-betonimurskeelle

Potential CO₂ uptake for totally carbonated concrete:

The maximum theoretical CO₂ uptake for totally carbonated concrete is correlated to the amount of reactive CaO in the binders. If the *w*% of reactive CaO is given for a binder the CO₂ uptake can be calculated as:

$$U_{tcc} = w * C_c * (m_{CO_2} / m_{CaO})$$

U_{tcc} is the maximum theoretical uptake of CO₂ in totally carbonated concrete [kg]

w is part of reactive CaO [kg CaO/kg binder]

C_c is the mass of binder (cement + reactive addition) [kg]/ (amount of clinker content present in the cement)

m_{CO₂} is the molar weight CO₂ = 44 g/mol

m_{CaO} is the molar weight CaO = 56 g/mol

Amount of reactive CaO present in the cement which is used for Demorock product :- 65%

Amount of clinker content present in the cement which is used in Demorock product:- 65%

$$U_{tcc} = 0.65 * 0.65 * (44/56)$$

$$U_{tcc} = 0.332 \text{ kg CO}_2 / \text{kg of cement}$$

Use stage, (module B) method of calculation of CO₂ uptake:

The CO₂ uptake in kg per m² concrete surface during *t* years can be calculated as

$$CO_2 \text{ uptake in use stage} = (\sum k * k_k * D_c * A) * (\sqrt{t}/1000) * U_{tcc} * C$$

k is the *k*-factor [mm/year^{0,5}]

K-correction to *k*-factor [*k_k*]

U_{tcc} is the maximum theoretical uptake in kg CO₂ /kg cement

C is cement content in kg / m³ of concrete

D_c is Degree of carbonation

t is service life of the product [year]

A is the area in m², depending on the concrete surface distribution

Amount of amount of cement content in kg present in per m³ of concrete for Demorock (C): 320 kg

The service life of the product (*t*) is assumed to be 100 years.

Concrete surface distribution in m² (A): 2.0 m²

The strength class of concrete used in Demorock product is around 20-30 MPa and according to EN 16757, for the concrete (25 to 35 MPa) used in Indoor building structures- without paint or wallpaper.

K- factor is given as 4.4 [mm/year^{0,5}]

K-correction to k-factor [*k_k*] is given as 1.0

Degree of carbonation (*D_c*) is given as 75%

CO₂ uptake in use stage:

$$= (4.4 * 1.0 * 0.75 * 2.0) * (10/1000) * 0.332 * 320$$

$$= 7.01 \text{ kg CO}_2$$