

Päivämäärä
6/2020



Life-IP CIRCWASTE Finland (LIFE15 IPE/FI/004, osaprojekti C.10)

LCA/LCC REPORT

CIRCWASTE, SAMPAANALANLAHTI



Päivämäärä 11.06.2020
Kirjoittaja Tuuli Teittinen
Tarkastaja Tuomas Suikkanen
Versio Versio 11.06.2020

Viite 1510029697-001

SISÄLTÖ

1.	Johdanto	1
2.	LCA-laskenta rakentamisen eri vaihtoehdoille	2
2.1	Elinkaariarvioinnin tavoitteen ja soveltamisalan määrittely	2
2.2	Vaihtoehtojen kuvaus	3
2.3	Laskennassa käytetyt oletukset ja päästökertoimet	6
2.4	LCA-laskennan tulokset	7
3.	LCC laskenta rakentamisen eri vaihtoehdoille	9
3.1	Menetelmän kuvaus	9
3.2	Tulokset	9
4.	Yhteenveto	11

LIITTEET

Liite 1. LCA-laskennan tulokset

1. JOHDANTO

Rauman Sampaanalaniemi on savinen ja liejuinen pehmeikkö tehdasalueella, jossa sijaitsee mm. Metsä Fibren sellutehdas, UPM paperitehdas ja Rauman Biovoiman voimalaitos. Life-IP CIRCWASTE -hankkeen osaprojektissa C.10 *Teollisuusjätteiden ja pilaantuneiden sedimenttien hyötykäyttö Sampaanalaniemen rakentamisessa* testataan Sampaanalaniemen B-altaan (kuva 1.) rakentamisessa pilottirakenteita, joissa hyödynnetään lähellä syntyviä teollisuuden jätejakeita massastabiloinnissa sekä päällysrakenteissa. Alue stabiloidaan ja siitä tulee varastokenttä teollisuuden käyttöön. Rakentamisessa hyödynnetään myös Rauman satamaväylien pilaantuneita ruoppausmassoja.

Tehtaiden välinen Sampaanalaniemi on liejuista ja savista pehmeikköä jopa 17 metrin syvyyteen asti. Lisäksi lahdessa on teollisesta toiminnasta peräisin olevaa kuitujätettä (O-kuitua). Alueen hyötykäyttö perinteisillä menetelmillä vaatisi jopa 1 milj. m³ massanvaihdon ja läjityksen, minkä lisäksi alueella syntyvät teollisuuden jätejakeet (lentotuhka, meesa, kuitusavi, viherlipeäsakka yms.) pitäisi sijoittaa kaatopaikalle.

Tässä raportissa tarkastellaan Sampaanalaniemen rakentamisen eri vaihtoehtojen ympäristövaikutuksia LCA-menetelmän avulla. Rakentamisen ympäristövaikutusten lisäksi vertaillaan myös eri vaihtoehtojen kustannuksia LCC-menetelmällä. Tarkastelu on jaettu kahteen osaan 1) altaan pohjanvahvistukseen massastabiloinnin avulla sekä 2) varastokentän päällysrakenteiden rakentamiseen.

Tarkasteltavat vaihtoehdot massastabiloinnin osalta ovat: 1) toteutunut vaihtoehto, jossa hyödynnettiin teollisuuden jätejakeita (uusiomateriaaleja) massastabiloinnissa, 2) vaihtoehto, jossa koko alueen massastabilointi olisi toteutettu ilman uusiomateriaaleja käyttäen ainoastaan perinteisiä materiaaleja, sekä 3) vaihtoehto, jossa jäte- ja sivutuotepäisiä uusiomateriaaleja olisi hyödynnetty vielä toteutunutta vaihtoehtoa tehokkaammin C.10 projektissa löydettyjen ratkaisujen perusteella.

Tässä raporttiversiossa (11.06.2020) tarkastellaan vain massastabiloinnin osuutta. Päällysrakenteiden pilotointi on suunniteltu toteutettavan 2021-2022 ja siitä saadut tulokset päivitetään tähän raporttiin pilotoinnin valmistuttua.



Kuva 1. Rauman Sampaanalaniemi

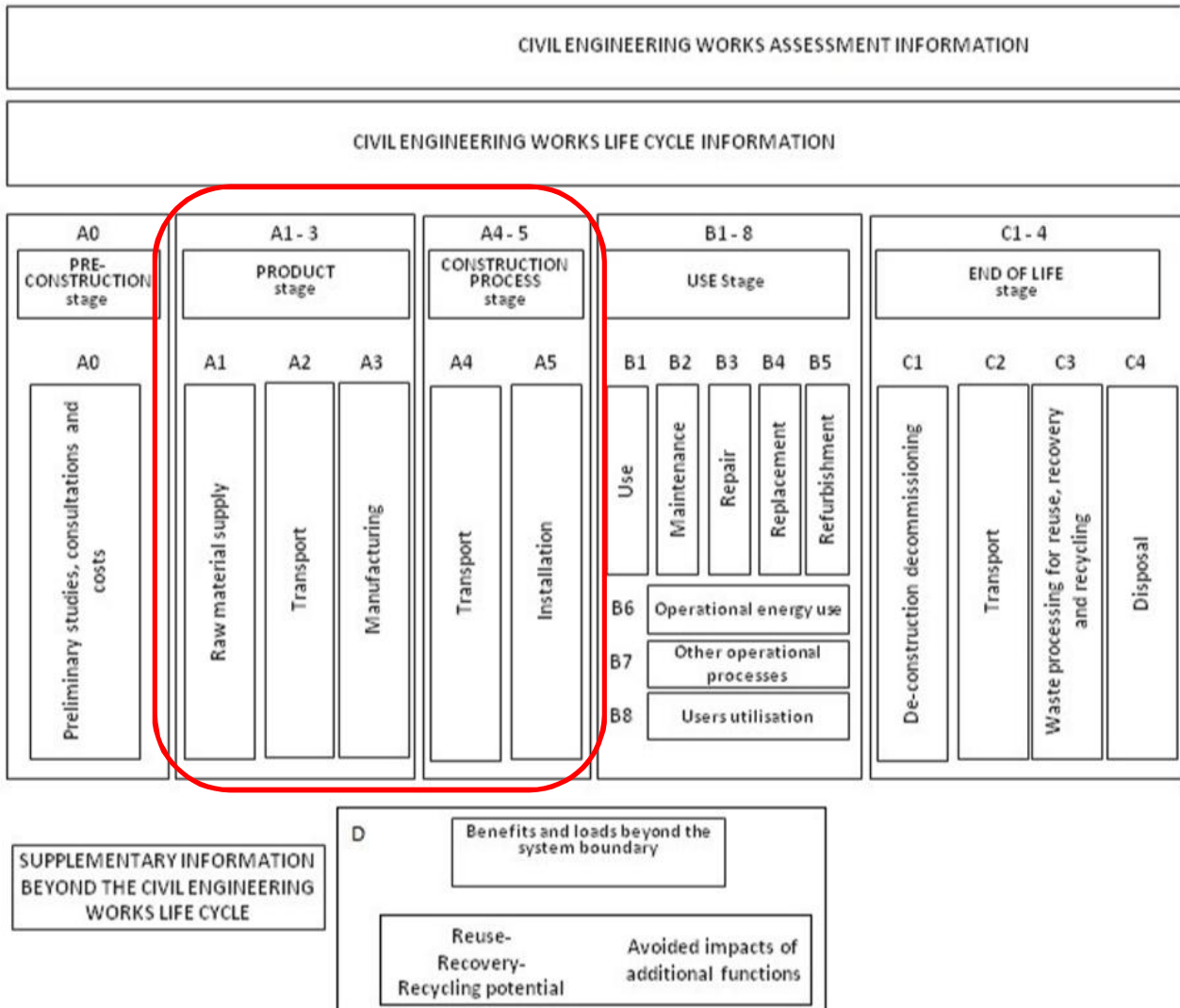
2. LCA-LASKENTA RAKENTAMISEN ERI VAIHTOEHDOLLE

2.1 Elinkaariarvioinnin tavoitteen ja soveltamisalan määrittely

Elinkaariarviointi (Life Cycle Assessment, LCA) on menetelmä, jota voidaan käyttää infrahankkeiden koko elinkaaren tai elinkaaren osan ympäristövaikutusten arvioimiseen. Tässä raportissa LCA-laskennan tarkoituksena oli vertailla Sampaanalanlahden rakentamisen eri vaihtoehtojen kasvihuonekaasupäästöjä.

LCA suoritettiin pelkistettynä versiona, jossa laskenta rajattiin CEN/TC 350-standardin EN 15643-5 mukaisiin elinkaaren vaiheisiin A1-5 (rakentaminen, kuva 2). Standardin vaihe A pitää sisällään osavaiheet tuotteelle (A1-A3 Product stage) ja rakentamiselle (A4-A5 Construction Process Stage). Laskenta ei sisällä standardin vaiheita B (Use stage) ja C (End of life stage). Käyttövaihe jätettiin tarkastelun ulkopuolelle, koska se on samanlainen kaikkien rakentamisvaihtoehtojen osalta, eikä käyttövaiheesta ollut laskentavaiheessa saatavilla tarvittavia tietoja. Kenttärakenteen tultua elinkaarensa päähän, pohjarakenteet todennäköisesti jätetään paikalleen, joten sen vuoksi myös end-of-life -vaiheen jättäminen pois LCA-tarkastelusta oli perusteltua. Laskennassa vertailut rakentamisvaihtoehdot eroavat toisistaan lähinnä materiaalien ja rakentamisen osalta, joten näiden vaiheiden tarkastelu oli tässä LCA-laskennassa olennaisinta.

LCA-laskenta suoritettiin Rambollin Excel-pohjaisella päästölaskentaohjelmalla, joka pohjautuu CEN/TC standardiin EN 15978 ja VTT:n Lipasto –tietokantaan. Ympäristövaikutusten tarkastelussa keskityttiin kasvihuonekaasupäästöihin (CO₂-ekv.). LCA-tarkastelun toiminnalliseksi yksiköksi (functional unit, FU) valittiin koko Sampaanalanlahden rakentaminen (7,6 ha). Laskennassa huomioidut vaiheet ovat kuvattu kappaleessa 2.2.



Kuva 2. Laskennassa huomioidut elinkaaren vaiheet CEN/TC 350-standardin EN 15643-5 mukaisesti.

2.2 Vaihtoehtojen kuvaus

LCA-laskennassa tarkasteltiin Sampaanalalanlahden rakentamiselle kolmea vaihtoehtoa, joissa hyödynnettiin eri määrä jäte- ja sivutuotepäisiä uusiomateriaaleja. Tarkastellut vaihtoehdot ovat seuraavat:

- 1) Vaihtoehto 1 on toteutunut skenaario, jossa tehtiin massastabilointi hyödyntäen lähialueilta saatuja uusiomateriaaleja.
- 2) Vaihtoehto 2 on ns. perinteinen ratkaisu, jossa massastabilointi olisi tehty pelkästään perinteisiä materiaaleja hyödyntäen.
- 3) Vaihtoehto 3 eli ns. tehostettu uusiomateriaalien hyödyntäminen on vaihtoehto, jossa massastabiloinnissa olisi hyödynnetty uusiomateriaaleja vielä toteutunutta vaihtoehtoa enemmän.

Kaikissa tarkastelluissa rakentamisvaihtoehdoissa työvaiheet ovat pääpiirteissään samat. Rakentaminen alkaa alueen täytöllä. Vaihtoehdoissa 1 ja 3 täytöissä hyödynnetään Rauman satamaväyliltä ruopattuja lievästi pilaantuneita ruoppausmassoja, jotka olisi ilman hyötykäyttömahdollisuutta kuljetettu läjitykseen. Vaihtoehdossa 2 täyttö tehdään luonnonkiviaineksilla (hiekkä). Täytön jälkeen massastabiloitava materiaali

läpikäydään altaassa harakauhalla. Haratut tukit hyödynnetään energiana, mutta tämä jätettiin LCA-tarkastelun ulkopuolelle.

Stabiloinnin sideaineet kuljetetaan työmaalle säiliöautoilla. Stabiloinnissa hyödynnetty lentotuhka on peräisin viereiseltä tehdasalueelta ja sementti kuljetetaan Finnsementin Paraisten tehtaalta. Sideaineet lastataan työmaalla erillisiin painesyöttimen säiliöihin, josta sideaine syötetään massastabilointikoneelle. Ennen varsinaista stabilointia stabilointiruudun päälle levitetään kasatuhkaa eli kosteaa lentotuhkaa, joka esisekoitetaan pitkäpuomisella kaivinkoneella altaaseen (kuva 3). Tämän jälkeen kuiva sideaine syötetään massastabilointilaitteella (kuva 4). Massastabilointi tehdään 5x5 m ruutu kerrallaan. Stabiloitavan B-altaan kokonaispinta-ala on n. 7,6 ha, josta stabiloitava pinta-ala on noin 4,7 ha ja keskimääräinen stabilointisyvyys 5 metriä.



Kuva 3. Esisekoitus pitkäpuomisella kaivinkoneella. Kuva 4. Massastabilointi.

Laskennassa tarkastelluissa vaihtoehdoissa on erilaiset sideaineresepit:

- Vaihtoehdossa 1 sideaineena käytetään 70 kg/m³ sementtiä ja 130 kg/m³ kuivaa lentotuhkaa. Lisäksi allasmassaan levitettiin kasatuhkaa n. 0,7 m kerros (n. 0,7 t /m³).
- Vaihtoehdossa 2 sideaineena käytetään sementtiä 160 kg / m³.
- Vaihtoehdossa 3 sideaineena käytetään 40 kg/m³ sementtiä ja 100 kg/m³ lentotuhkaa. Lisäksi allasmassaan esisekoitetaan 50 kg/m³ kipsiä ja kasatuhkaa n. 0,7 m kerros (n. 0,7 t /m³).

Stabiloinnin jälkeen stabiloidun massan päälle levitetään suodatinkangas, jonka päälle tehdään esikuormituspenger. Vaihtoehdoissa 1 ja 3 esikuormituspenger tehdään uusiomateriaaleista (kasatuhka), kun taas vaihtoehdossa 2 esikuormituspenger tehdään luonnonkiviaineksista. Vaihtoehdossa 2 huomioidaan myös ruoppausmassan ja lentotuhkan kuljetus läjitykseen, sillä tässä vaihtoehdossa nämä materiaalit jäävät vaille hyötykäyttöä. Laskennassa huomioidut työvaiheet kunkin vaihtoehdon osalta sekä massamäärät ja kuljetusmassat on esitetty taulukoissa 1-3.

Taulukko 1. Vaihtoehto 1: Massastabilointi uusiomateriaaleja hyödyntäen

Työvaihe	Määrät	Kuljetukset, km	Selite
Altaan täyttö ruoppausmassoilla	93 000 t	5	Ruoppausmassa Rauman väylältä
Massastabiloinnin esityöt: Massastabiloitava materiaali läpikäydään altaassa harakauhalla	25 000 m ²	0	Oletus: haraus tehtiin kolmasosalle pinta-alasta (2,5 ha) 2 m syvyyteen.
Massastabiloinnin tekeminen: Kosteiden lisäaineiden levittäminen	32 900 t	1	Allasmassoihin sekoitetaan kasatuhkaa stabiloinnin helpottamiseksi. Lentotuhka kuljetetaan viereiseltä tehdasalueelta, levitys altaaseen (4,7 ha), esisekoitus 2 m syvyyteen.
Massastabiloinnin tekeminen: Stabiloitintyö, sideaine sementti	16 450 t	118	Kuljetukset Parainen - Rauma
Massastabiloinnin tekeminen: Stabiloitintyö, sideaine kuiva lentotuhka	30 550 t	1	Kuljetus viereiseltä tehdasalueelta.
Suodatinkankaan levittäminen	47 000 m ²	595	Kuljetus Saksasta. Työsuoritus oletetaan merkityksettömäksi päästöjen kannalta.
Esikuormituspenkereen tekeminen	47 000 m ³	15	Kasatuhkaa 1 m kerros.

Taulukko 2. Vaihtoehto 2: Massastabilointi perinteisillä materiaaleilla

Työvaihe	Määrät	Kuljetukset, km	Selite
Altaan täyttö hiekalla	93 000 t	15	Oletettu kuljetusmatka noin 15 km.
Massastabiloinnin esityöt: Massastabiloitava materiaali läpikäydään altaassa harakauhalla	25 000 m ²	0	Oletus: haraus tehtiin kolmasosalle pinta-alasta (2,5 ha) 2 m syvyyteen.
Massastabiloinnin tekeminen: Stabiloitintyö, sideaine sementti	37 600 t	118	Sementtiä 160 kg / m ³ . Kuljetukset Parainen - Rauma
Suodatinkankaan levittäminen	47 000 m ²	595	Kuljetus Saksasta. Työsuoritus oletetaan merkityksettömäksi päästöjen kannalta.
Esikuormituspenkereen tekeminen	47 000 m ³	15	Luonnonkiviaines (hiekkä), 1m kerros.
Ruoppausmassojen kuljetus läjitykseen	93 000 t	20	Ruoppausmassoja ei hyödynnetä, kuljetus läjitykseen.
Lentotuhkien kuljetus läjitykseen	63 450 t	15	Lentotuhkia ei hyödynnetä, kuljetus läjitykseen.

Taulukko 3. Vaihtoehto 3: Tehostettu uusiomateriaalien hyödyntäminen

Työvaihe	Määrät	Kuljetukset, km	Selite
Altaan täyttö ruoppausmassoilla	93 000 t	5	Ruoppausmassa Rauman väylältä
Massastabiloinnin esityöt: Massastabiloitava materiaali läpikäydään altaassa harakauhalla	25 000 m ²	0	Oletus: haraus tehtiin kolmasosalle pinta-alasta (2,5 ha) 2 m syvyyteen.
Massastabiloinnin tekeminen: Kosteiden lisäaineiden levittäminen, kasatuhka	32 900 t	1	Allasmassoihin sekoitetaan kasatuhkaa stabiloinnin helpottamiseksi. Lentotuhka kuljetetaan viereiseltä tehdasalueelta, levitys altaaseen, esisekoitus 2 m syvyyteen.
Massastabiloinnin tekeminen: Kosteiden lisäaineiden levittäminen, kipsi	11 750 t	466	Allasmassoihin sekoitetaan kipsiä stabiloinnin helpottamiseksi. Kuljetus Yara Siilijärven tehtailta. Kipsi sekoitetaan allasmassoihin kosteana samaan aikaan kasatuhkan kanssa.
Massastabiloinnin tekeminen: Stabiointityö, sideaine sementti	9 400 t	118	Kuljetukset Parainen – Rauma
Massastabiloinnin tekeminen: Stabiointityö, sideaine kuiva lentotuhka	23 500 t	1	Kuljetus viereiseltä tehdasalueelta.
Suodatinkankaan levittäminen	47 000 m ²	595	Kuljetus Saksasta. Työsuoritus oletetaan merkityksettömäksi päästöjen kannalta.
Esikuormituspenkereen tekeminen	47 000 m ³	15	Kasatuhkaa 1 m kerros.

2.3 Laskennassa käytetyt oletukset ja päästökertoimet

Laskennassa käytetyt materiaalien päästökertoimet on esitetty taulukossa 4. Rakentamisessa käytetyt uusiomateriaalit (lentotuhka, ruoppausmassa) oletettiin nollapäästöisiksi, sillä nämä jäteperäiset materiaalit olisivat muodostuneet joka tapauksessa, vaikkei niille olisi ollut hyötykäyttöä. Kuljetusajoneuvojen sekä työkonoiden päästöjen laskennassa on käytetty VTT:n Lipasto-tietokannan päästöarvoja. Kuljetusten päästöjen laskennassa on huomioitu kuljetusten jakautuminen maantie- ja katuajoon.

Taulukko 4. Laskennassa käytettyjä materiaalien päästökertoimia

Materiaali	Päästöarvo	Lähde / Perustelu
Ruoppausmassa	0	Uusiomateriaali
Lentotuhka	0	Uusiomateriaali
Kipsi	0	Uusiomateriaali
Sementti	616,04 kg CO ₂ ekv. / t	Finnsementti 2018 ¹ .
Suodatinkangas	0,2 kg CO ₂ ekv. / m ²	Rapal Oy 2019 ²
Hiekka	1,6 kg CO ₂ ekv. / m ³	Rapal Oy 2019 ²

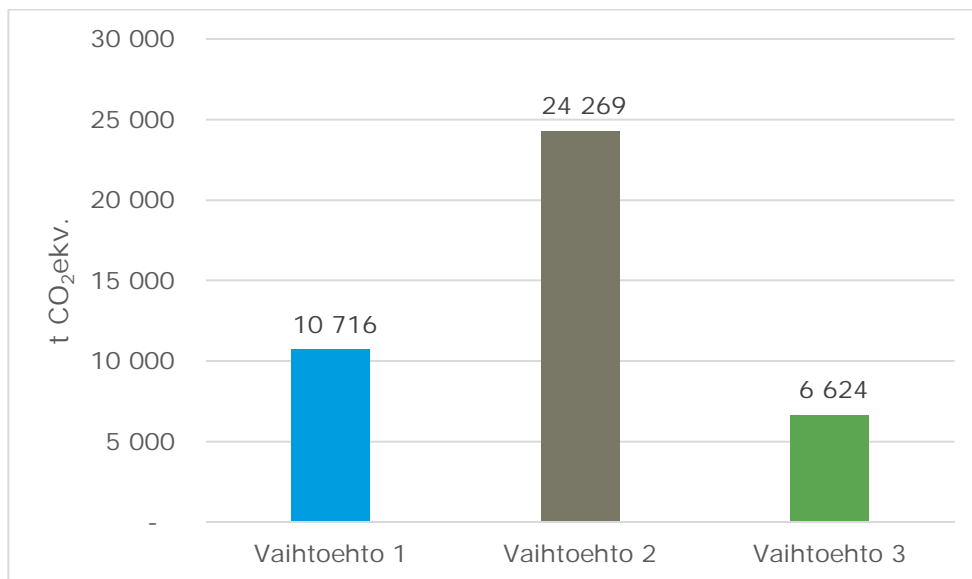
¹ Finnsementti 2018, Ympäristöseloste Parainen. https://finnsementti.fi/wp-content/uploads/EDP-2018_PA_Yhteenveto.pdf

² Rapal Oy 2019. Päästölaskennan kehityshanke.

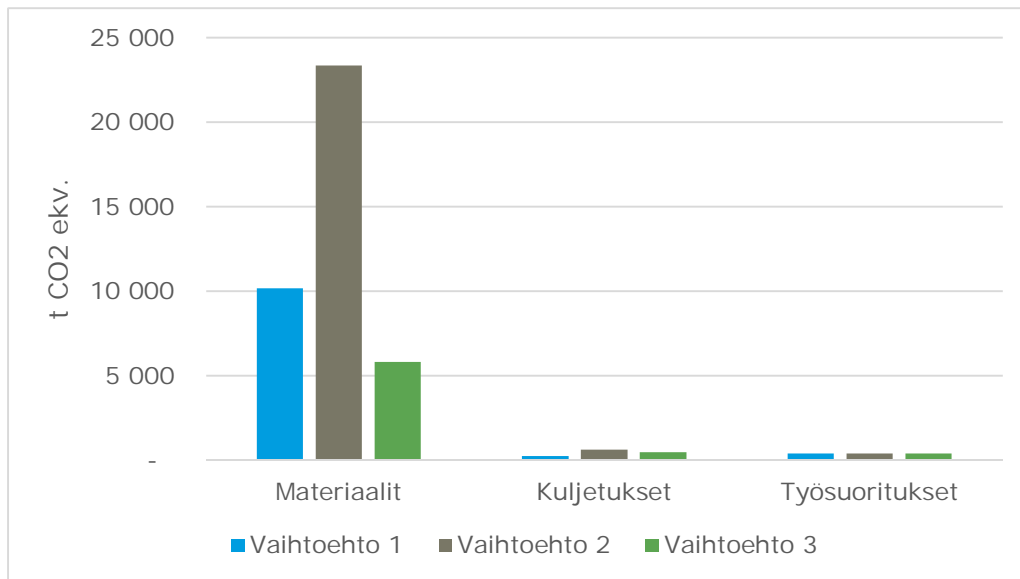
2.4 LCA-laskennan tulokset

LCA-laskennan tulostaulukot on esitetty liitteessä 1. Vaihtoehdon 1 eli toteutuneen vaihtoehdon kokonaispäästöt ovat 10 716 t CO₂ ekv. (kuva 5). Vaihtoehdon 2 eli perinteisen ratkaisun kokonaispäästöt olisivat olleet 24 269 t CO₂ ekv. Uusiomateriaalien käytöllä toteutuneessa vaihtoehdossa aikaansaatiin siis 13 554 t CO₂ ekv. päästövähennys (56 %) verrattuna siihen, että rakentaminen olisi tehty käyttäen pelkästään perinteisiä materiaaleja (Vaihtoehto 2). Uusiomateriaalien tehostetulla käytöllä (vaihtoehto 3) kasvihuonekaasupäästöt olisivat olleet yhteensä 6 624 t CO₂ ekv. eli 38 % pienemmät kuin toteutuneen vaihtoehdon päästöt ja 73 % pienemmät kuin perinteisen vaihtoehdon päästöt.

Kaikissa tarkastelluissa vaihtoehdoissa materiaalien valmistus aiheuttaa valtaosan kasvihuonekaasujen kokonaispäästöistä (kuva 6). Tämä johtuu sementin käytöstä, joka muodostaa kaikissa vaihtoehdoissa yli 90 % kokonaispäästöistä. Sementin valmistus aiheuttaa huomattavan määrän hiilidioksidipäästöjä, sillä sementin poltossa kalsiumkarbonaatin hiili vapautuu ilmaan hiilidioksidina. Laskennassa käytettiin sementille päästöarvoa 616,04 kg CO₂ ekv. / t (Finnsementti, 2018). Vaihtoehdoissa 1 ja 3 osa sementistä korvattiin lentotuhkalla tai kipsillä. Lentotuhka ja kipsi ovat teollisuuden sivutuotteita ja niiden valmistus oletettiin näin ollen nollopäästöiseksi, sillä lentotuhkan ja kipsin valmistumisprosessin ympäristövaikutukset allokoitetaan näiden prosessien päätuotteelle. Sementin korvaaminen vähäpäästöisillä/päästöttömillä uusiomateriaaleilla aikaansaa merkittäviä päästövähennyksiä.



Kuva 5. Vaihtoehtojen kokonaispäästöt, t CO₂ ekv.



Kuva 6. Vaihtoehtojen päästöjen jakautuminen materiaalien valmistukseen, kuljetuksiin ja työsuorituksiin.

Kuljetusten päästöt ovat kaikissa vaihtoehdoissa vähäiset verrattuna materiaalien valmistuksen päästöihin. Sivutuotepäristen uusiomateriaalien kuljetukset otettiin laskennassa huomioon. Koska lentotuhka on peräisin viereiseltä tehdasalueelta, sen kuljetusmatkat ovat hyvin lyhyet ja näin ollen myös lentotuhkan kuljetusten päästöt jäävät vähäiseksi. Kuljetusten osalta vaihtoehdossa 1 on pienimmät päästöt, sillä tässä vaihtoehdossa hyödynnettiin eniten lähialueelta saatavia uusiomateriaaleja. Kolmannessa vaihtoehdossa kipsin kuljetus Siilinjärveltä lisää kuljetuspäästöjä.

Vaihtoehdossa 2 otettiin huomioon myös ruoppausmassan ja lentotuhkan kuljetus läjitykseen, sillä nämä materiaalit jäävät vaihtoehdossa 2 vaille hyötykäyttöä. Tarkastelussa ei huomioitu näiden materiaalien läjityksestä aiheutuvia päästöjä tai muita ympäristövaikutuksia. Ruoppausmassan ja lentotuhkan määrät ovat niin suuria, että todennäköisesti niitä varten olisi tarvinnut perustaa uusi kaatopaikka. Kaatopaikan perustamisesta aiheutuvien päästöjen arviointi olisi ollut hankalaa, joten ne on jätetty tämän tarkastelun ulkopuolelle.

Työsuoritusten päästöt eli rakennustyön aikaiset työkoneiden päästöt ovat kaikissa vaihtoehdoissa samaa suuruusluokkaa, sillä tarkastelluissa vaihtoehdoissa työvaiheet ovat pääosin samat.

Rauman kaupungin kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2017 olivat yhteensä 491,8 kt CO₂ ekv. (Benviroc Oy, 2019)³. Tähän arvioon on otettu huomioon seuraavat sektorit: kuluttajien ja teollisuuden sähkönkulutus, sähkölämmitys, maalämpö, kaukolämmitys, erillislämmitys, tieliikenne, teollisuus ja työkoneet, maatalous ja jätehuolto. Kun Sampaanalalanlahden rakentamisen toteutuneen vaihtoehdon kokonaispäästöt (10,7 kt CO₂ ekv.) jaetaan neljälle rakentamisvuodelle (syksy 2016 - kevät 2020) ja päästöjä verrataan Rauman kaupungin vuotuisiin kasvihuonekaasupäästöihin, Sampaanalalanlahden rakentaminen vastaa noin 0,5 % Rauman kaupungin vuotuisista kasvihuonekaasupäästöistä.

³ Benviroc Oy. 2019. CO₂-raportti: Rauman kasvihuonekaasupäästöt 2008–2017. Ennakkotietovuodelta 2018. <https://www.rauma.fi/wp-content/uploads/2019/05/Rauman-kasvihuonepaastot-2008-2017-ennakkotieto-vuodelta-2018.pdf>

3. LCC LASKENTA RAKENTAMISEN ERI VAIHTOEHDOLLE

3.1 Menetelmän kuvaus

Elinkaarikustannuslaskenta (englanniksi Life Cycle Costing, LCC) on työkalu investointien kustannusten laskemiseksi koko elinkaaren tai elinkaaren osan ajalta. Sampaanalalanlahden rakentamisen LCC-tarkastelun tarkoituksena oli vertailla rakentamisen vaihtoehtoisten skenaarioiden kustannuksia. Tässä tarkastelussa LCC-laskennassa keskityttiin ainoastaan materiaalien kustannuksiin (A1-A3 Product stage, ks. kuva 1). Kustannuslaskenta rajattiin koskemaan massastabiloinnissa käytettyjen sideaineiden kustannuksia, sillä tarkasteltujen vaihtoehtojen väliset suurimmat erot ovat käytetyissä sideaineissa ja niiden määrissä. Rakentamisvaiheen (A4-A5 Construction Process Stage) kustannukset jätettiin tarkastelun ulkopuolelle, sillä rakentamisvaiheen kustannukset ovat oletettavasti suhteellisen lähellä toisiaan kaikissa tarkastelluissa vaihtoehdoissa.

LCC-laskennassa käytetyt sideaineiden hinnat on esitetty taulukossa 5 ja ne perustuvat arvioihin. Lentotuhkan arviohinnassa on huomioitu pelkästään sen kuljettamisesta ja käsittelystä aiheutuvat kustannukset. Vaihtoehdossa 2 kustannuksia syntyy myös luonnonkiviainesten käytöstä altaan täytössä ja esikuorimituspenkereen rakentamisessa. Lisäksi mahdollinen tarve uuden kaatopaikan perustamiselle ruoppausmassoja ja lentotuhkia varten aiheuttaisi kustannuksia.

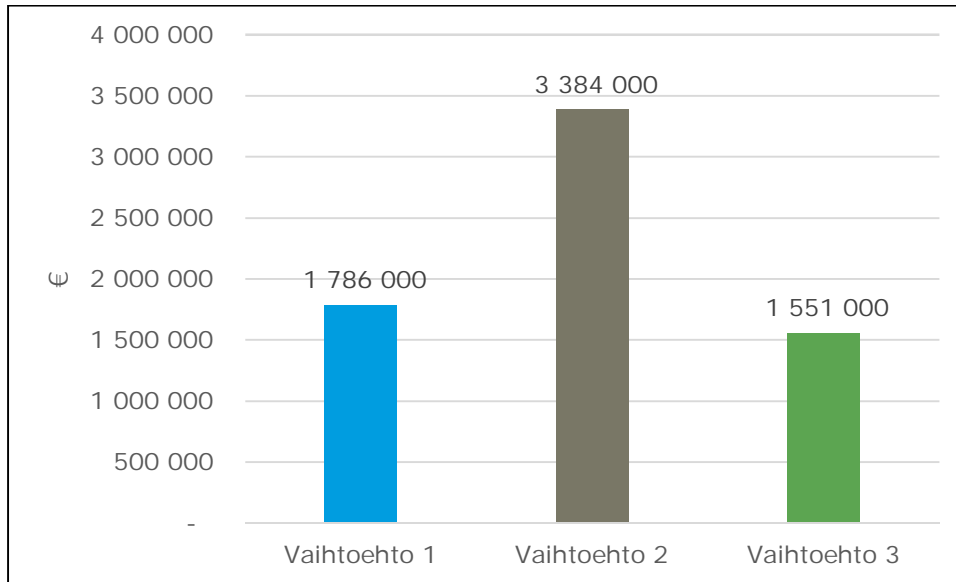
3.2 Tulokset

Taulukko 5. Sideaineiden kustannukset eri vaihtoehdoissa

Sideaine	Hinta-arvio, €/tonni	Määrä, t	Hinta, €
Vaihtoehto 1			
Sementti	90	16 450	1 480 500
Lentotuhka (käsitelty)	10	30 550	305 500
Kipsi (kuljetus)	40	0	-
yhteensä			1 786 000
Vaihtoehto 2			
Sementti	90	37 600	3 384 000
Lentotuhka (käsitelty)	10	0	-
Kipsi (kuljetus)	40	0	-
yhteensä			3 384 000
Vaihtoehto 3			
Sementti	90	9 400	846 000
Lentotuhka (käsitelty)	10	23 500	235 000
Kipsi (kuljetus)	40	11 750	470 000
yhteensä			1 551 000

Eri vaihtoehdoissa käytettyjen sideaineiden määrät, sideaineiden hinnat sekä sideaineiden käytön kokonaiskustannukset on esitetty taulukossa 5. Toteutuneessa vaihtoehdossa 1 sideaineiden kokonaiskustannus on arviolta n. 1 786 000 € (kuva 7). Mikäli stabilointi olisi tehty pelkällä sementillä (vaihtoehto 2), sideainekustannukset olisivat olleet arviolta n. 3 384 000 €. Näin ollen lentotuhkan hyödyntäminen uusiosideaineena sementin korvaajana vaihtoehdossa 1 aikaansai noin 1 598 000 € säästön. Tehostettua

uusiomateriaalien käyttöä kuvaavassa vaihtoehdossa 3 sideaineena käytettiin lentotuhkan lisäksi myös kipsiä, jolloin sementin määrä on pienempi kuin vaihtoehdossa 1. Uusiosideaineiden tehokkaampi hyödyntäminen vaihtoehdossa 3 olisi johtanut noin 235 000 € kustannussäästöihin toteutuneeseen vaihtoehtoon (vaihtoehto 1) verrattuna ja 1 833 000 € säästöihin perinteiseen vaihtoehtoon (vaihtoehto 2) verrattuna.



Kuva 7. Sideaineiden arvioitu kokonaiskustannus eri vaihtoehdoissa.

4. YHTEENVETO

Tämän raportin tarkoituksena oli vertailla Sampaanalalanlahden rakentamisen eri vaihtoehtojen ympäristövaikutuksia ja kustannuksia LCA- ja LCC -menetelmillä. LCA- ja LCC tarkastelu on osa Circwaste EU LIFE IP projektin C.10 osaprojeka, jossa pilotoidaan Sampaanalalanlahden rakentamisessa uusiomateriaalien hyödyntämistä. Pilotointi jakautuu kahteen osioon 1) massastabilointiin, jossa pyritään korvaamaan sementtiä teollisuuden sivuvirroilla sekä 2) päällysrakennepilotointiin, jossa luonnon kiviaineksia korvataan erilaisilla uusiomateriaaleilla.

Massastabiloinnin osalta tarkastelussa vertailtiin kolmea eri vaihtoehtoa, jossa Sampaanalalanlahden massastabilointi tehdään erilaisia sideaineita käyttäen: vaihtoehto 1 kuvasi keskimääräistä toteutunutta tilannetta, jossa hyödynnettiin uusiomateriaaleja, vaihtoehto 2 kuvasi ratkaisua, jossa stabilointi toteutettaisiin ilman uusiomateriaaleja (ns. perinteinen ratkaisu), ja vaihtoehto 3 kuvasi ratkaisua, jossa uusiomateriaaleja olisi hyödynnetty koko altaan rakentamisessa toteutunutta vaihtoehtoa tehokkaammin pilotoinnin yhteydessä löytyneiden sideaineratkaisujen avulla.

LCA-laskennan tulosten perusteella Sampaanalalanlahden rakentamisen toteutuneen vaihtoehdon kasvihuonekaasujen kokonaispäästöt ovat noin 10 716 t CO₂ ekv., mikä on 13 554 t CO₂ ekv. eli 56 % vähemmän kuin jos rakentaminen olisi tehty ilman uusiomateriaaleja käyttäen pelkästään perinteisiä materiaaleja. Sementin käyttö aiheuttaa valtaosan Sampaanalalanlahden rakentamisen kasvihuonekaasupäästöistä, joten korvaamalla osa sementistä uusiomateriaaleilla saadaan aikaan merkittäviä päästövähennyksiä. Mikäli Sampaanalalanlahden rakentamisessa käytetyistä sideaineista vielä suurempi osa olisi ollut teollisuuden sivutuotteista peräisin olevia uusiomateriaaleja (vaihtoehto 3), kasvihuonekaasupäästöt olisivat olleet yhteensä 6 624 t CO₂ ekv. eli 38 % pienemmät kuin toteutuneen vaihtoehdon päästöt ja 73 % pienemmät kuin perinteisen vaihtoehdon päästöt.

Circwaste EU LIFE IP projektin C.10 osaprojektissa pilotointiin Sampaanalalanlahden massastabiloinnissa erilaisia uusiosideaineita. Uusiosideaineina käytettiin lentotuhkaa ja kipsiä, joiden hankintahinta on huomattavasti edullisempi kuin kaupallisen sementin. Näin ollen vaihtoehdoissa 1 ja 3 uusiomateriaalien käytöllä aikaansaadaan myös kustannussäästöjä. Toteutuneessa vaihtoehdossa uusiosideaineiden käytöllä säästettiin 1 598 000 € perinteiseen ratkaisuun verrattuna. Mikäli uusiosideaineilla olisi vähennetty sementin käyttöä vielä enemmän (vaihtoehto 3), olisi sideaineiden hankintakustannuksissa voitu säästää vielä 235 000 € toteutuneeseen vaihtoehtoon verrattuna.

Toteutuneessa skenaariossa vältyttiin myös ruoppausmassojen ja lentotuhkan läjitykseltä kaatopaikalle, mikä olisi todennäköisesti vaatinut uuden kaatopaikan perustamisen ja näin ollen aiheuttanut ylimääräisiä ympäristövaikutuksia sekä kustannuksia, joiden tarkastelu jätettiin tämän selvityksen ulkopuolelle.

Sampaanalalanlahden varastokentän päällysrakenteiden rakentaminen on tarkoitus aloittaa vuoden 2020 syksyllä. Tätä raporttia päivitetään päällysrakenteiden LCA/LCC laskelman osalta, kun päällysrakennepilotointi valmistuu

LIITE 1. LCA-LASKENNAN TULOKSET

Tulokset, vaihtoehto 1

Päästöt [kg CO ₂ ekv.]					
Työvaihe	Materiaalien päästöt	Kuljetusten päästöt	Työsuoritus-ten päästöt	Absoluuttiset kokonaispäästöt	Osuus absoluuttisista kokonaispäästöistä [%]
Altaan täyttö ruoppausmassoilla	0	48 707	0	48 707	0,45 %
Massastabiloinnin esityöt: Massastabiloitava materiaali läpikäydään altaassa harakauhalla	0	0	10 154	10 154	0,09 %
Massastabiloinnin tekeminen: Kosteiden sideaineiden levittäminen	0	2 825	22 957	25 782	0,24 %
Massastabiloinnin tekeminen: Stabilointityö, sideaine sementti	10 133 858	111 204	326 518	10 571 581	98,66 %
Massastabiloinnin tekeminen: Stabilointityö, sideaine kuiva lentotuhka	0	2 623	0*	2 623	0,02 %
Suodatinkankaan levittäminen	9 400	1 401	0	10 801	0,10 %
Esikuormituspenkereen tekeminen	0	40 315	5 651	45 967	0,43 %
yhteensä, kg CO ₂ ekv.	10 143 258	207 075	365 280	10 15 613	

* Massastabiloinnin työsuoritus sisältyy rivin "Massastabiloinnin tekeminen: Stabilointityö, sideaine sementti" työsuoritukseen.

Tulokset, vaihtoehto 2

Päästöt [kg CO ₂ ekv.]					
Työvaihe	Materiaalien päästöt	Kuljetusten päästöt	Työsuoritus- ten päästöt	Absoluuttiset ko- konaispäästöt	Osuus absoluuttisista kokonaispäästöistä [%]
Altaan täyttö hiekalla	81 758	123 988	0	205 746	0,85 %
Massastabiloinnin esityöt: Massastabi- loitava materiaali läpikäydään altaassa harakauhalla	0	0	10 154	10 154	0,04 %
Massastabiloinnin tekeminen: Stabiloin- tityö, sideaine sementti	23 163 104	253 718	326 518	23 743 341	97,83 %
Suodatinkankaan levittäminen	9 400	1 401	0	10 801	0,04 %
Esikuormituspenkereen tekeminen	75 200	76 974	9 138	161 313	0,66 %
Lentotuhkien kuljetus läjitykseen	0	54 452	0	54 452	0,22 %
Ruoppausmassojen kuljetus läjitykseen	0	83 678	0	83 678	0,34 %
yhteensä, kg CO ₂ ekv.	23 329 462	594 210	345 810	24 269 483	

Tulokset, vaihtoehto 3

Päästöt [kg CO ₂ ekv.]					
Työvaihe	Materiaalien päästöt	Kuljetusten päästöt	Työsuoritusten päästöt	Absoluuttiset kokonaispäästöt	Osuus absoluuttisista kokonaispäästöistä [%]
Altaan täyttö ruoppausmassoilla	0	48 707	0	48 707	0,74 %
Massastabiloinnin esityöt: Massastabiloitava materiaali läpikäydään altaassa harakauhalla	0	0	10 154	10 154	0,15 %
Massastabiloinnin tekeminen: Kosteiden sideaineiden levittäminen, kasatuhka	0	2 162	22 957	25 119	0,38 %
Massastabiloinnin tekeminen: Kosteiden sideaineiden levittäminen, kipsi	0	313 383	0*	313 383	4,73 %
Massastabiloinnin tekeminen: Stabilointityö, sideaine sementti	5 790 776	49 886	326 518	6 167 181	93,11 %
Massastabiloinnin tekeminen: Stabilointityö, sideaine kuiva lentotuhka	0	2 019	0*	2 019	0,03 %
Suodatinkankaan levittäminen	9 400	1 604	0	11 004	0,17 %
Esikuormituspenkereen tekeminen	0	40 315	5 651	45 967	0,69 %
yhteensä, kg CO ₂ ekv.	5 800 176	458 076	365 280	6 623 532	

*Massastabiloinnin työsuoritus sisältyy rivin "Massastabiloinnin tekeminen: Stabilointityö, sideaine sementti" työsuoritukseen.