



Anna Kaartinen

# Ympäristövastuullisen ja hiilineutraalin kiviaineksen tuotanto

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

Insinöörityö

29.10.2021

## Tiivistelmä

Tekijä: Anna Kaartinen  
Otsikko: Ympäristöystävällisen ja vastuullisen kiviaineksen tuotanto  
Sivumäärä: 39 sivua  
Aika: 29.10.2021

Tutkinto: Insinööri (AMK)  
Tutkinto-ohjelma: Energia- ja ympäristötekniikka  
Ammatillinen pääaine: Ympäristötekniikka  
Ohjaajat: Ympäristöpäällikkö Tiina Ullgren  
Lehtori Ismo Halonen

---

Kiviaines on välttämätön osa rakentamista ja jo olemassa olevien rakenteiden kunnossapitoa. Asukaslukuun suhteutettuna Suomi käyttää eniten kiviaineksiä Euroopan unionin maista. Ilmastomuutos, luonnonvarojen ehtyminen ja luonnon monimuotoisuuden kapeneminen edellyttävät toimia kaikilla yhteiskunnan osa-alueilla ja kysyntä ympäristövastuullisille tuotteille on kasvava trendi. Kiviainesten tuotannolla on aina vaikutus ympäristöön ja siksi on tärkeää, että ottotoiminta tapahtuu ympäristön kannalta vastuullisella tavalla.

Tässä opinnäytetyössä käydään läpi ympäristövastuullisen kiviainestuotannon tärkeimmät osa-alueet. Lisäksi työssä käsitellään case-esimerkin kautta kalliokiviaineksen hankinnasta aiheutuvia päästöjä ja kuinka niitä on mahdollista vähentää. Tuloksena syntyy toimintamalli, jonka avulla on mahdollista tuottaa hiilineutraalia kalliokiviainesta. Työn tilaajana toimi Destia Oy:n kiviaines- ja kiertotalousyksikkö.

Työssä on hyödynnetty materiaalina Destia Oy:n dokumentteja kiviaineksen tuotannosta sekä aiheeseen liittyvää kirjallisuutta, tutkimustuloksia ja verkkomateriaalia. Työ toimii tulevaisuudessa vastuullisen kiviainestuotannon suunnittelun tukena.

Avainsanat: kiviaines, louhinta, kestävä kehitys, infrarakentaminen

## Abstract

Author: Anna Kaartinen  
Title: Production of an Environmentally Friendly and Responsible Aggregate  
Number of Pages: 39 pages  
Date: 29 October 2021

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Energy and Environmental Technology  
Professional Major: Environmental Engineering  
Supervisors: Tiina Ullgren, Environmental Manager  
Ismo Halonen, Senior Lecturer

---

Aggregate is an essential part of construction and maintenance of existing structures. In proportion to the population, Finland has the highest aggregate consumption of the countries of the European union. Climate change, the depletion of natural resources and the loss of biodiversity require action in all areas of society and the demand for environmentally responsible products is a growing trend. Aggregate production always has an impact on the environment and therefore it is important that aggregate extraction is performed in an environmentally responsible manner.

This thesis presents the most important aspects of environmentally responsible aggregate production. In addition, this thesis presents the emissions from the rock aggregate production using a case example. The result is an operating model that makes it possible to produce carbon neutral rock aggregate. This thesis was commissioned by Destia Oy's Aggregate and Circular Economy unit.

The material used in the thesis project include Destia Oy's documents on the production of aggregates, as well as related literature, research results and online material. In the future, this thesis can be used as a support in the planning of responsible aggregate production.

Keywords: aggregate, mining, sustainable development, infra construction

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	7
2	Kiviainesten tarve	8
3	Ohjauskeinot	9
3.1	Lainsäädäntö	9
3.2	Muut vaatimukset	10
3.3	Tulevaisuus	12
4	Ympäristövastuullinen kiviaines	13
5	Ympäristövastuullisen kiviaineksen tuotanto	14
5.1	Ottoalueen suunnittelu	14
5.2	Resurssitehokkuus	16
5.3	Ympäristöhaittojen minimointi	17
5.3.1	Melu	17
5.3.2	Pöly	18
5.3.3	Tärinä	19
5.3.4	Jäte	19
5.4	Ottoalueen jälkihoito	20
6	Luonnon monimuotoisuutta lisäävät ratkaisut	21
6.1	Biodiversiteetin merkitys	21
6.2	Ottoalue ekosysteemihotellina	22
6.3	Paahderinteet	23
6.4	Lahopuut	23
7	Luonnonkiviainesta korvaavat tuotteet	24
8	Tuotannon päästöt ja niiden vähentäminen	24
8.1	Kalliokiviaineksen tuotanto	24
8.2	Murskaus	26
8.3	Kuormaimet ja kaivinkoneet	28
8.4	Louhinta	30

8.5	Kuljetus	30
8.6	Hiilikompensaatio	32
9	Yhteenveto	33
	Lähteet	36

## Lyhenteet

gCO<sub>2</sub>/kWh Grammaa hiilidioksidia kilowattituntia kohti. Päästökertoimen yksikkö, jota hyödynnetään sähkön kulutuksen päästöjen laskemisessa.

kg C Kilogrammaa hiiltä. Yksiköllä voidaan kuvata esimerkiksi kasvillisuuden hiilensidontakykyä.

kWh Kilowattitunti. Energiayksikkö, jota käytetään kuvaamaan sähköenergian määrää.

# 1 Johdanto

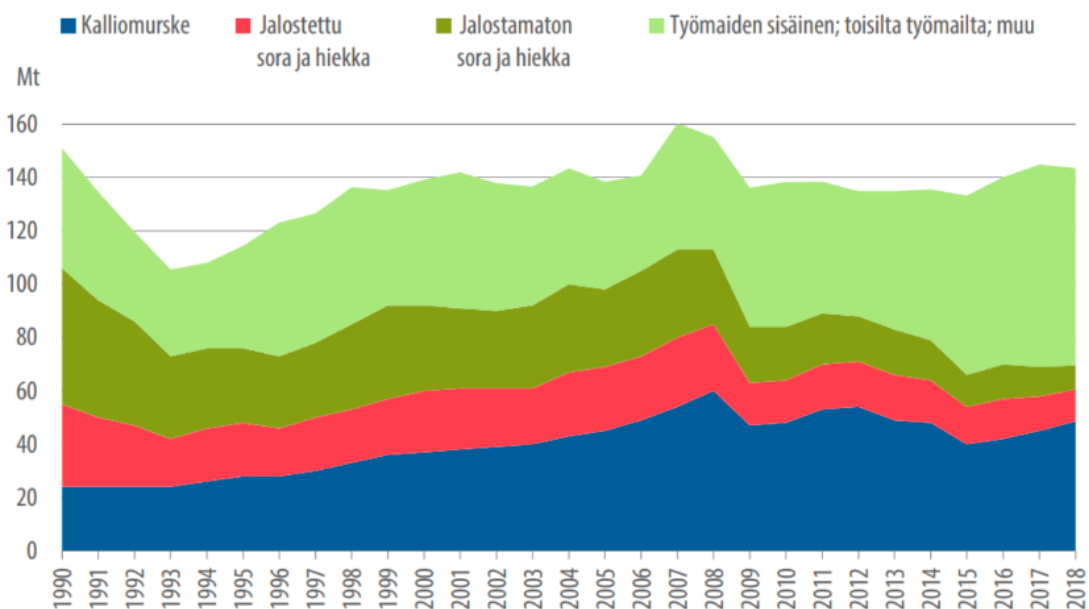
Erilaisia kiviainestuotteita käytetään Suomessa infra-alalla yli 100 miljoonaa tonnia vuodessa, ja ne ovat oleellinen osa esimerkiksi tie- ja ratarakentamista, talorakentamista, tienhoitoa ja betonin sekä muiden saman tyyppisten päällysteiden valmistusta (Louhinta ja kiviainestuotanto). Infrarakentamisen päästöt, ilmastonmuutos ja huoli luonnon monimuotoisuuden kapenemisesta ovat luoneet alalle kasvavan kysynnän entistä ympäristövastuullisemmille materiaalivaihtoehdoille.

Tässä opinnäytetyössä käydään läpi vastuullisen kiviainestuotannon peruspilarit. Lisäksi työssä esitetään, kuinka tuotantomuotoja muokkaamalla on mahdollista tuoda markkinoille hiilineutraalia kalliokiviainesta. Työn tilaajana toimii Destia Oy:n kiviaines- ja kiertotalousyksikkö. Destia Oy on infra-alaan keskittynyt palveluyhtiö ja yksi Suomen suurimmista kiviainestoimijoista. Destia Oy:llä on käytössä noin 300 maa-ainesaluetta ympäri Suomea ja näin ollen kattava myyntiverkosto, jonka asiakkaita ovat yritykset, valtio, kunnat kuin myös tavalliset kuluttajat. (Kiviaines ja kiertotalous.)

Työssä on hyödynnetty materiaalina Destia Oy:n dokumentteja kiviaineksen tuotannosta sekä aiheeseen liittyvää kirjallisuutta, tutkimustuloksia ja verkkomateriaalia. Lisäksi työssä hyödynnetään case-esimerkkinä Destia Oy:n kiviaineksen ottopaikkaa Jyväskylän alueelta. Työn tavoitteena on kerätä yhteen ympäristövastuullisen kiviaineksen, sekä esittää hiilineutraaliin lopputulokseen vaadittavat muutokset. Työtä voidaan tulevaisuudessa hyödyntää osana vastuullisen kiviainestuotannon suunnittelua. Vastuullisuus pitää terminä sisällään ympäristönäkökohtien lisäksi esimerkiksi taloudellisia ja sosiaalisia näkökohtia. Tässä työssä keskitytään tuotannon vastuullisuuteen vain ympäristönäkökulmien osalta.

## 2 Kiviainesten tarve

Suomi on asukasmäärään suhteutettuna yksi Euroopan unionin suurimmista kiviaineksen käyttäjistä. Kiviainesta käytetään rakentamiseen, ja jo olemassa olevien rakenteiden ylläpitoon. Suuri käyttöaste johtuu Suomen laajasta pinta-alasta väestötiheyteen nähden, laajasta tieverkosta ja vallitsevasta ilmastosta, joka edellyttää rakennusten roudankestävyyttä. (Lonka ym. 2015: 12.) Suomi on rakentamiseen käytettävien kiviainesten osalta omavarainen (Kiviaineshuolto). Kuvassa 1 on esitetty maa-ainesten kokonaiskäyttö vuosien 1990–2018 aikana. Maa-ainesluvut kohdistuvat nykyisin entistä voimakkaammin kallioalueisiin soravarantojen ehtyessä erityisesti kasvukeskuksien läheisyydessä.



Kuva 1. Maa-ainesten arvioitu kokonaiskäyttö vuosina 1990–2018 (Maa-ainesten ottaminen 2020: 20)

Suurin osa kiviaineksestä käytetään tiestön ja rautateiden rakentamiseen. Esimerkiksi yhteen kilometriin moottoritietä kuluu noin 50 000–55 000 t kiviainesta. Kaikesta jalostetusta kiviaineksestä käytetään noin 10 % betonin ja noin 10 % asfaltin valmistukseen. (Ympäristöasioiden hallinta kiviainestuotannossa 2010: 7.)



### 3 Ohjauskeinot

#### 3.1 Lainsäädäntö

Lainsäädäntö asettaa kiviainestoiminnalle velvoitteita, jotka muodostavat minimitavoitteet kiviaineksen ympäristövastuullisuudelle. Rajoitteita on asetettu esimerkiksi säilytettäville luontotyypeille, louhinnan etäisyydelle häiriöherkstä alueesta, pohjaveden suojelulle ja luontaisesti kallioperässä esiintyvien haitta-aineiden seurannalle.

Kiviainestoimintaa ohjataan useiden lakien kautta, joista merkittävässä roolissa on maa-ainelaki (555/1981). Muita kiviainestoimintaa olennaisesti sääteleviä lakeja ja asetuksia ovat ympäristönsuojelulaki (527/2014), maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999), luonnonsuojelulaki (1096/1996), vesilaki (587/2011) ja Muraus-asetus (800/2010). Ottotoimintaan voivat vaikuttaa myös metsälain (1093/1996), liikennejärjestelmästä ja maanteistä annetun lain (503/2005), vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä annetun lain (1299/2004), ratalain (110/2007) sekä muinaismuistolain (295/1963) eri säännökset. Maa-ainesten otto on aina luvanvaraista ja sen on noudatettava maa-ainelakia. (Maa-ainesten otto 2020: 38.) Lainmukaista toimintaa kiviainestoiminnassa valvoo yleisesti ottaen kunta.

Maa-ainelakia sovelletaan kiven ottamisessa pois kuljetettavaksi sekä paikan päällä varastointiin ja jalostukseen. Lain tarkoitus on tukea ympäristön kannalta kestävä kehitystä maa-ainesten ottoon liittyen. Lisäksi lain tavoite on suojella pohjaveden laatua ja antoisuutta. Laki kieltää maa-ainesten oton tietyissä paikoissa, kuten meren tai vesistöjen läheisyydessä, ilman erityislupaa. Maa-ainekset tulee lain mukaan käyttää säästeliäästi ja taloudellisesti. (Maa-ainelaki 1981: § 1, § 3 ja § 4.)

Ympäristönsuojelulain tarkoituksena on ehkäistä ympäristön pilaantumista, ehkäistä ja vähentää päästöjä, torjua ympäristövahinkoja, turvata terveellinen, viihtyisä ja luonnontaloudellisesti kestävä ympäristö, torjua ilmastonmuutosta, vähentää jätteen määrää ja haitallisuutta sekä parantaa kansalaisten

mahdollisuutta vaikuttaa ympäristöä koskevaan päätöksentekoon. Kiviainestoinnassa lain asettamat velvoitteet tulevat esille erityisesti jalostukseen liittyvissä toimissa. Ympäristönsuojelulain 6. §:n mukaan toiminnanharjoittajalla on selvilläolovelvollisuus. Tämä tarkoittaa, että toiminnanharjoittajan tulee olla tietoinen toiminnan aiheuttamista ympäristövaikutuksista, ympäristöriskeistä ja haitallisten vaikutusten vähentämismahdollisuuksista. (Ympäristönsuojelulaki 2014: § 1 ja § 6.)

Muraus-asetuksessa säädetään kivenlouhinnan ja kivenmurskauksen ympäristösuojelun vähimmäisvaatimuksia silloin, kun toimintaan vaaditaan ympäristölupa (Muraus-asetus 2010: § 3). Toiminnalla on oltava ympäristölupa, mikäli kiviainesta louhitaan tai murskataan alueella vähintään 50 päivää. Ympäristölupa voidaan vaatia vähäisemmänkin toiminnan osalta, mikäli ottotoiminta sijaitsee vedenhankintaan soveltuvalla pohjavesialueella ja toiminnasta aiheutuu pohjaveden pilaantumisvaara. (Ympäristönsuojelulaki liite 1 taulukko 2.) Asetus myös määrittää, milloin melua aiheuttavaa toimintaa voidaan harjoittaa ottoalueella häiriölle alttiissa kohteessa ja kuinka korkeaksi melutaso saa kohota (Muraus-asetus 2010: § 7 ja § 8).

Maankäyttö- ja rakennuslain tavoitteena on järjestää alueiden käyttö hyvää elinympäristöä tukien sekä ekologisesti, taloudellisesti, sosiaalisesti ja kulttuurisesti kestävästä kehitystä edistäen. Alueella, jossa on voimassa oleva asema- tai yleiskaava, ottotoimet eivät saa vaikuttaa alueen käyttämistä kaavassa varattuun tarkoitukseen. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 1999: § 1 ja § 3.)

### 3.2 Muut vaatimukset

Kaikki rakennustuotteet, jotka tuodaan markkinoille pysyvinä osina käytettäväksi ja jotka kuuluvat harmonisoidun tuotestandardin piiriin, tulee CE-merkitä. CE-merkintä vakuuttaa, että rakennustuotteen keskeiset ominaisuudet on selvitetty ja valmistajan tuotteen ominaisuudet täyttävät eurooppalaisen harmonisoidun tuotestandardin vaatimukset. (CE-merkintä.) CE-merkintäjärjestelmään kuuluu tyyppitestausta, tuotannon sisäinen valvonta, jäljitettävyyden ja

tuotantoeräkohtainen suoritustasoilmoitus (Ohje kiviainesten CE-merkintään 2017). CE-merkintä ei automaattisesti tarkoita, että tuote täyttää Suomen viranomaisvaatimukset. Merkinnän tarkoitus on ilmoittaa ostajalle, että tuotteen tuottaja on selvittänyt standardin mukaisin menetelmin tuotteen ominaisuudet, suoritustason ja tuotannon laadunvalvonnan tason.

Kiviaineslajikkeiden valmistuksessa noudatetaan lajikkeelle määriteltyjä standardeja, jotka määrittyvät kiviaineksen käyttökohteen mukaan. Keskeisimmät standardit on esitetty taulukossa 1. Kiviaineslajikkeille on olemassa EN-tuotestandardit, joiden pohjalta on laadittu Suomessa noudatettavat soveltamisstandardit. (Ohje kiviainesten CE-merkintään 2017.) Tuotestandardien ja soveltamisstandardien lisäksi kiviainesten tuotannossa hyödynnetään kansallisia soveltamisohjeita.

## Taulukko 1 Kiviainesten valmistusta ohjaavat standardit

### TUOTESTANDARDIT

- **SFS-EN 13242**

Maa- ja vesirakentamisessa ja tienrakenteissa käytettävät sitomattomat ja hydraulisesti sidotut kiviainekset

- **SFS-EN 12620**

Betonikiviainekset

- **SFS-EN 13043**

Kiviainekset teiden, lentokenttien ja muiden liikennöityjen alueiden asfalttimassoihin ja pintauksiin

- **SFS-EN 13450**

Raidesepelikiviainekset

### SOVELTAMISSTANDARDIT

- **SFS 7008**

Sitomattomiin ja hydraulisesti sidottuihin materiaaleihin käytettäviltä kiviaineksilta talonrakentamisessa, maa- ja vesirakenteissa, sekä tierakenteissa vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot

- **SFS 7003**

Betonikiviaineksilta vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot

- **SFS 7004**

Asfalttikiviaineksilta eri käyttökohteissa vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot

- **SFS 7007**

Raidesepeliltä vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot

### KANSALLISET SOVELTAMISOHJEET

- Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset
- By34
- Asfalttinormit
- Raidesepelin hankinta- ja toimitusohje

## 3.3 Tulevaisuus

Lainsäädäntö päivittyy kehityksen sekä tarpeiden mukaan, ja myös kiviainestoimintaan liittyvään lainsäädäntöön on tulossa uudistuksia lähivuosina. Näitä ovat esimerkiksi maankäyttö- ja rakennuslain sekä luonnonsuojelulain uudistus. Maankäyttö- ja rakennuslain uudistuksen tavoitteiksi on nimetty hiilineutraali yhteiskunta, luonnon monimuotoisuuden kasvattaminen, rakentamisen laadun parantaminen ja digitalisaation edistäminen. (Kaavoitus ja maankäyttö.) Luonnonsuojelulain uudistus tähtää erityisesti luonnon monimuotoisuuden turvaamiseen, ilmastonmuutoksen hillitsemiseen,

luonnonsuojelun kannattavuuden parantamiseen ja ekologisen kompensaation liittämiseen osaksi lakia (Luonnonsuojelulain- ja asetuksen uudistus).

Lainsäädäntö muuttuu yleisesti ottaen hitaasti. Lakien uudistuksissa tullaan tulevaisuudessa huomioimaan enenevässä määrin ilmastonmuutos, luonnon monimuotoisuus ja kiertotalous. Kysyntä mainitut aiheet huomioiville tuotteille on kuitenkin jo olemassa, ja yritysten voi olla kannattavaa kehittää toimintaansa tähän suuntaan jo ennen, kuin niiden osalta mahdollisesti määritellään velvoitteita. Mahdollisten velvoitteiden astuessa voimaan tietotaito aiheen ympärillä tulisi olemaan kilpailukykyisellä tasolla, mikäli aiheiden parissa on työskennelty jo aiemmin ja markkina-asema saavutettu ympäristöystävällisen tuotteen tuottajana.

#### **4 Ympäristövastuullinen kiviaines**

Ympäristövastuullinen kiviaines perustuu tuotannossa ja käsittelyssä tehtyihin ympäristöystävällisiin valintoihin. Kuvassa 2 esitetään kiviainesten kestävän käytön osa-alueita. Kestävä ja vastuullinen kiviainesten käyttö tarkoittaa resurssitehokasta tuotantoa, ympäristöhaittojen minimointia, luonnon monimuotoisuuden suojelua ja mahdollisimman vähäisiä päästöjä. Alueiden käytön suunnittelu, materiaalitehokkuus ja ottoalueen vastuullinen jälkihoito tukevat näitä tavoitteita. Lisäksi kiertotalouden yleistyessä uusiomateriaalien käyttö tulee lisääntymään myös kiviainesten käytössä. Lainsäädäntö asettaa kiviainekselle ympäristövastuullisuuteen velvoittavan minimitason.

Kiviainestuotannossa on kuitenkin mahdollista tehdä ympäristövastuullisia valintoja lainsäädännön asettamia velvoitteita laajemmin.



Kuva 2. Kiviainesten kestävä käyttön tärkeimmät osa-alueet (Vastuullisuus Destia Oy 2021)

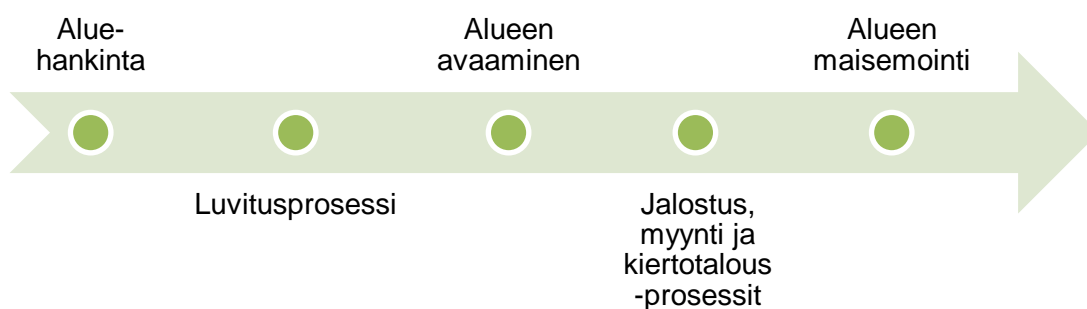
Ympäristövastuullisuus edellyttää aktiivista keskustelua maanomistajien, viranomaisten, lähialueiden asukkaiden, luonnonsuojelujärjestöjen ja muiden alaan liittyvien sidosryhmien kanssa. Vastuullisen tuotannon tulee aina olla läpinäkyvää kiviaineksen tuotantoon liittyville tahoille. Lisäksi vastuullinen toimija raportoi toiminnasta aiheutuvat ympäristövaikutukset sekä päästöt ja pyrkii kehittämään toimintaansa ympäristön kannalta parhaaseen lopputulokseen.

## 5 Ympäristövastuullisen kiviaineksen tuotanto

### 5.1 Ottoalueen suunnittelu

Sopivan ottoalueen kartoitus on tärkeä osa kiviainestuotannon suunnittelua. Ottoalueen valinta perustuu laadultaan ja lujuudeltaan haluttua käyttötarkoitusta palvelevan kiviaineksen kartoittamiseen, sillä kiviaineksen tuleva käyttökohde määrittelee sille kohdistuvat laatuvaatimukset (Kuula 2016: 7). Ottopaikkaa

suunniteltaessa tulee siis olla tiedossa, millaisen käyttötarkoituksen kiviainesta aiotaan valmistaa. Kuvassa 3 on esitetty yksinkertaistettuna kiviainesalueen elinkaari. Maa-ainesprosessi alueen hankinnasta alueen poistoprosessiin kestää noin 10–50 vuotta. Jalostus- ja myyntiprosessien jälkeen ennen lopullista poistoprosessia alue siirtyy useimmiten vielä takaisin luvitusprosessiin.



Kuva 3. Kiviainesalueen elinkaari (Vastuullisuus Destia Oy 2021)

Vastuullisessa tuotannossa tulee ensisijaisesti pyrkiä sijoittamaan kiviainesten ottopaikka lähelle kiviainestarvetta. Tällöin kuljetuksesta aiheutuva ympäristökuormitus ja kustannukset pysyvät mahdollisimman matalina. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että sopivia kiviaineita tulee pyrkiä löytämään läheltä kasvukeskuksia, joissa on jatkuvaa infra-rakentamista. Kiviainestoiminta tulisikin sovittaa yhteen yhdyskuntarakentamisen ja muun maankäytön kanssa jo varhaisessa vaiheessa.

Onnistuneen massakoordinaation avulla louhintapaikka voidaan pyrkiä sijoittamaan paikkaan, joka mahdollistaa resurssitehokkaan toiminnan lujaa kiviainesta sisältävän ottopaikan ja sitä tarvitsevien toimijoiden välille. Toimiva massakoordinaatio edellyttää, että saatavilla on ajankohtaista tietoa lähialueen rakentamisen kiviainestarpeesta määrällisesti ja laadullisesti. Kiviainesten koordinoinnissa voidaan hyödyntää rakennusgeologisia selvityksiä, digitaalista kauppapaikkaa ja maa-ainesten käytön julkista rekisteriä. Rakennusgeologisen selvityksen avulla on mahdollista tuottaa tietoa maa-ainesten tarpeesta ja kaivuumaiden sijoittelusta. Digitaalinen kauppapaikka tarjoaa tietoa myytävistä

ja tarjolla olevista maa-aineksista. Maa-ainesten julkinen rekisteri helpottaa lupailmoitusten tekoa, viranomaisvalvontaa ja kokoaa käyttöön yhtenäistä tietoa maa-ainesten käytöstä. (Huhtinen ym. 2018: 70–83.)

Sijainnin suunnitteluun vaikuttaa vahvasti kaavoitus, joka määrittelee osin mitä alueita voidaan käyttää kiviaineksen ottoon. Maa-ainesten ottamisen kannalta merkittävimmät kaavatasot ovat yleis- ja maakuntakaava. Lisäksi ottopaikan sijaintiin vaikuttaa mm. alueen asutus, muu maankäyttö, kiinteistöjen omistus, maanpinnan muodot, pintamaan paksuus ja tiestö. Tämän takia toimija ei välttämättä voi määritellä tuotantopaikkaa pelkästään omien kriteerien avulla.

## 5.2 Resurssitehokkuus

Resurssitehokkaassa tuotannossa pyritään käyttämään maapallon resursseja kestäväällä tavalla ja vähentämään niiden hyödyntämisestä aiheutuvia ympäristövaikutuksia (Resurssitehokkuus 2013). Ehtyviä luonnonvaroja tulee lähtökohtaisesti käyttää säästeliäästi ja niistä valmistettuja tuotteita parhaaseen käyttötarkoitukseen. Tuotannossa syntyvät sivutuotteet tulee hyödyntää ja alueella syntyvä jäte käsitellä asianmukaisesti sekä kiertotaloutta tukien. Resurssitehokkuuteen voidaan kiviainestuotannossa vaikuttaa tehostamalla energiankulutusta, valitsemalla vähemmän päästöjä tuottavia vaihtoehtoja, tehostamalla kuljetusta kuljettamalla käyttöasteeltaan täysiä kuormia ja hyödyntämällä tuotannossa syntyvät sivutuotteet.

Kaikki infrarakentamiseen käytettävän kiviaineksen tuotannossa syntyvä kivimateriaali on mahdollista hyödyntää. Kiven murskauksen yhteydessä sivutuotteena syntyvä hieno kiviaines, eli ns. kivituhka, voi kuitenkin joissain tapauksissa aiheuttaa käyttökohteen osalta haasteita. Kivituhkaa voidaan hyödyntää esimerkiksi pihojen ja viheralueiden täyttökohteissa, pintakerrosrakenteissa muuhun kiviainekseen sekoitettuna ja ottoalueen maisemoinnissa. Kivituhka on tyypillisesti raekooltaan 0–8 mm. Käyttökohdetta valitessa on kuitenkin huomioitava, että ilman kastelua ja tiivistystä kivituhka on helposti pölyyvä. Syntyvän kivituhkan määrä riippuu kivilajista. (Mitchell 2009.) Infra-rakentamiseen tarkoitetun kiviaineksen tuotannossa ei synny sivukiveä.



## 5.3 Ympäristöhaittojen minimointi

### 5.3.1 Melu

Melupäästöjä aiheutuu kiviainestuotannossa toiminnan vaatimien vaiheiden mukaan porauksesta, räjäytyksestä, rikotuksesta, seulonnasta, murskauksesta, työkoneista ja liikenteestä. Eri lähteet eroavat äänen laadultaan, voimakkuudeltaan ja taajuudeltaan, josta johtuen eri toimintojen tuottama häiriö ympäristölle on toimintakohtaista. Kiviainestoiminnasta syntyvä melu on yleensä impulsiivista, osittain impulsiivista tai tasaista melua. (Ympäristöasioiden hallinta kiviainestuotannossa 2010: 31–32.)

Kiviaineksen tuotannolle on asetettu Muraus-asetuksessa vuorokauden ajat, joiden sisällä melua aiheuttavan toiminnan on tapahduttava. Melua aiheuttavaa toimintaa voidaan harjoittaa ympäristöluvan avulla. Tapauksissa, joissa toiminnalle ei ole ollut tarvetta hakea ympäristölupaa voidaan murskaus suorittaa ympäristönsuojelulain 118. §:n määrittelemän kirjallisen tilapäisestä melusta ja tärinästä kertovan ilmoituksen avulla.

Meluhaittoja on mahdollista vähentää kiinnittämällä huomiota alueella toimivien työkoneiden sijoitteluun. Koteloidut murskaimet ovat hiljaisempi vaihtoehto kiviaineksen käsittelylle. Murskausta ympäröivä, korkeampi maasto voi toimia luonnollisena meluaitana louhinnan ja murskauksen aikana. Myös varastokasoja ja työmaakontteja voidaan hyödyntää meluesteinä. (Hallanaro ym. 2014: 97.)

Kiviaineksen valmistamisella sähköisen murskauksen avulla voidaan vähentää ympäristön meluhaittaa aggregaatin poistuessa käytöstä. Melun vähenemisellä on vaikutusta niin ympäröivien alueiden viihtyisyyteen kuin myös mahdollisten äänenkantavuuden sisällä sijaitsevien asutusalueiden ympäristömelutasoon. Melutason pienenemisellä on myös positiivinen vaikutus alueella työskentelevien henkilöiden työolosuhteisiin.

### 5.3.2 Pöly

Pölyllä tarkoitetaan kiinteitä hiukkasia, jotka kulkeutuvat ilman mukana niiden alkuperästä, fysikaalisista ominaisuuksista tai ympäristöolosuhteista johtuen. Pöly on haitallista työturvallisuudelle ja ympäristölle. Pölypäästöjä syntyy kaikissa kiviainestuotannon vaiheissa, erityisesti murskauksessa ja materiaalin pudottamisessa tuotantovaiheiden välillä. Pölypäästöjen leviämiseen vaikuttaa päästöjen kokoluokka, hiukkaskokojakauma, sääolosuhteet ja alueen maastonmuodot. Pölyn leviämistä voidaan pääsääntöisesti torjua työlaitteiston koteloinnilla, sidonnalla, sieppaamalla ja prosessiin palauttamalla sekä keräämällä.

Murskauslaitteiston kotelointi ja murskatun kiven pudotuskorkeuden pienentäminen ovat yksinkertaisia ja tehokkaita keinoja pölyhaittojen torjumisessa. Kiviaineksen pudottamisesta syntyviä pölypäästöjä voidaan hillitä hyödyntämällä teleskooppiputkea, joka pienentää materiaalin vapaanpudotuksen korkeutta. Pölyhaittoja voidaan sitoa kastelun avulla tai siepata ilmasta vesipisaroita hyödyntäen ja palauttaa näin pöly ilmasta takaisin kiertoon. Vesi on kustannustehokas ja helposti toteutettavissa oleva keino pölyn sidonnalle. Toiminnassa käytettävään veteen on myös mahdollista sekoittaa pölynsidontaan kehitettyjä kemikaaleja, jotka tehostavat sidontaa ja vähentävät veden kulutusta. (Ympäristöasioiden hallinta kiviainestuotannossa 2010: 22–26.) Pölyn sidonnalla voidaan vaikuttaa myös mahdollisen arseenipölyn leviämiseen alueella (Huhtanen ym. 2018: 75). Pölyn keräyksessä esimerkiksi suodattimen avulla pöly erotellaan ilmavirrasta ja kerätään talteen tai palautetaan takaisin prosessiin (Ympäristöasioiden hallinta kiviainestuotannossa 2010: 27). Asfaltoidut tiet vähentävät pölyn leviämistä, samoin kuin kuljetuskaluston säännöllinen pesu. (Huhtanen ym. 2018: 75.) Maastonmuotojen, kuten kallioleikkauksen on mahdollista tuottaa tuulensuojaa varastokasoille, mikä vähentää niistä aiheutuvia pölypäästöjä.

### 5.3.3 Tärinä

Kiviainestoinnin merkittävät tärinän aiheuttajat ovat räjäytykset ja kiviaineksen kuljetus. Muut toiminnan vaiheet eivät yleensä aiheuta tärinää, jolla olisi merkittävä vaikutus lähialueen ihmisiin tai riski aiheuttaa vaurioita rakennuksiin. (Ympäristöasioiden hallinta kiviainestuotannossa 2010: 38.)

Merkittävin tärinä kiviainesten valmistamisesta syntyy louhinnan räjäytystöistä. Louhinnan aiheuttamaa tärinää on mahdollista hallita suunnittelun avulla (Huhtanen ym. 2018: 26). Räjäytysten synnyttämä tärinän suuruus riippuu momentaanisesta räjähdysainemäärästä, eli samanaikaisesti räjähtävän räjähdysaineen suuruudesta. Momentaanista räjähdysainemäärää voidaan pienentää jakamalla tehdyt reiät välitäytteellä useampiin panoksiin. Räjähdysaineen valinta vaikuttaa myös aiheutuvan tärinän määrään, kuten myös luonnonkivilohkojen haluttu koko. (Ympäristöasioiden hallinta kiviainestuotannossa 2010: 39.) Liiallinen tärinä voi aiheuttaa ympäristölle vakavia haittoja, kuten vaurioittaa rakenteita ja herkkiä laitteita. Tärinälle on olemassa ohjearvot, joita noudattamalla aiheutettu tärinä pysyy ympäristön sietämällä tasolla. Ohjearvot riippuvat räjäytyspaikan etäisyydestä rakennuksista ja läheisten rakennusten rakennuskohtaisista ohjearvoista. (Louhintaa ja räjäytyksiä työmailla.)

### 5.3.4 Jäte

Ottoalueella syntyy toiminnan aikana sekajätettä, jäteöljyä ja kiinteä öljyistä jätettä. Toiminnasta riippuen käsiteltävänä voi myös olla rauta- ja teräsjätettä, akkuja sekä paristoja. (Ympäristöasioiden hallinta kiviainestuotannossa 2010: 49.) Kiviaineksen ottoalueella syntyvä jäte tulee käsitellä asianmukaisesti ja kiertotaloutta tukevalla tavalla.

Käytetyt ja hyvälaatuiset jäteöljyt on mahdollista kierrättää, sillä oikein käsiteltynä öljyä voidaan uusiokäyttää rajattomasti. Kierrätetystä jäteöljystä voidaan valmistaa esimerkiksi voiteluöljyä, jolloin valmistuksen hiilidioksidipäästöt putoavat noin puoleen raakaöljystä valmistamiseen

verrattuna. (Huolehdi oikein öljyjätteestä.) Kiinteä öljyiset jätteet luetaan vaaralliseksi jätteeksi, jotka täytyy akkujen ja paristojen tavoin toimittaa siihen soveltuvaan keräykseen, jossa ne käsitellään ihmisten ja ympäristön kannalta turvallisella tavalla. Mahdollinen rauta- ja teräsjäte on mahdollista hyötyä käyttää kierrättämällä.

#### 5.4 Ottoalueen jälkihoito

Vastuulliseen kiviaineksenottoon kuuluu myös alueen vastuullinen jälkihoito, jolle maa-ainelupa asettaa vähimmäisvaatimukset. Jälkihoitoon kuuluu alueen maisemointi ja muotoilu, siistiminen sekä alueen kasvillisuuden palauttaminen. Jälkihoidolla pyritään vähentämään ottamistoiminnasta aiheutuneita ympäristövaikutuksia ja edistää alueen jälkikäyttömahdollisuuksia sekä palauttaa alue turvalliseen muotoon. Alueen muotoilu ja kasvillisuuden palauttaminen edistävät monimuotoisuuden palautumista alueella ja hidastavat muutoin veden sekä tuulen aiheuttamaa eroosiota. Jälkihoidon laajuus riippuu alueen luonnonolosuhteista, pohjavesiolosta ja alueen myöhemmästä käyttötarkoituksesta. (Maa-ainesten ottaminen 2020: 141.)

Alueen muotoilu tulee toteuttaa siten, että alue sopii ympäröivään luontoon. Muotoilussa tulee huomioida kasvillisuuden vaatimat kasvuolosuhteet. Turvallisuussyistä rikkonaiset seinämät loivennetaan rinteiksi, joista ei ole mahdollista irrota lohkareita. Pintarakennuksessa tulee mahdollisuuksien mukaan hyödyntää ottamisalueelta poistettua, alkuperäistä pintamaata. Irtomaita on kallioalueilla kuitenkin suhteellisesti vähän ja maisemointiin tarvitaan usein myös muualta kuljetettua maa-ainesta. Maa-aineksen tarpeen ja laadun määrittelee alueen jälkikäyttösuunnitelmat. Myös murskauksesta syntynyttä hienoa kiviainesta voidaan hyödyntää täyttömateriaalina ja kasvualustana metsälle, kun siihen sekoitetaan 3–5 paino-% turvetta tai kuorikariketta. (Maa-ainesten ottaminen 2020: 146–150.)

Kasvillisuus palautuu kallioalueelle tyypillisesti hitaasti ilman aktiivisia toimia asian edistämiseksi. Kasvillisuudella on alueelle monia edullisia vaikutuksia. Se hidastaa pintavesien aiheuttamaa eroosiota, toimii hiilinieluna, sitoo

vapautuneita ravinteita ja parantaa maisemaa sekä viihtyvyyttä. Kasvillisuus voi myös sitoa alueella olevia haitallisia aineita. (Maa-ainesten ottaminen 2020: 151–152.) Erityisesti haavan on todettu toimivan fyto-remedaatiota hyödyntävässä maanpuhdistuksessa erityisesti öljypohjaisiin saasteisiin liittyen. Haapa myös kasvaa nopeasti ja viihtyy heikommallakin kasvualustalla. (Haapa saastuneen maan puhdistajana 2011.) Uuden kasvillisuuden istuttamisessa tulee huomioida muuttunut kasvu-ympäristö, kasvien kasvu- ja leviämisenopeus. Louhinta-alueille yleisesti sopivia puita haavan lisäksi ovat kuusi, mänty, koivu, pihlaja ja harmaaleppä. (Maa-ainesten ottaminen 2020: 152.)

Kiviainesten ottoalueita hyödynnetään usein toiminnan loputtua metsänhoitotarkoitukseen. Jälkihoidossa voidaan myös hyödyntää vaihtoehtoisia maisemointiratkaisuja, jossa ottoalue kunnostetaan toiminnan loputtua esimerkiksi virkistysalueeksi. Alue voi toimia maisemoinnin jälkeen retkeilyalueen lisäksi esimerkiksi tapahtuma- tai harrastealueena. Erityisesti routimattomat kalliokiviaineksen ottoalueet sopivat hyvin urheilurakentamiselle. Ottoalueelle mahdollisesti syntyneitä vesimonttuja voidaan hyödyntää uimapaikkoina alueilla, joissa pohjaveden pilaantuminen ei ole uhka. Tällaisille alueille on myös mahdollista istuttaa esimerkiksi kaloja tai rapuja. (Maa-ainesten ottaminen 2020: 162–165.)

## **6 Luonnon monimuotoisuutta lisäävät ratkaisut**

### **6.1 Biodiversiteetin merkitys**

Biodiversiteetillä tarkoitetaan biologisen elämän monimuotoisuutta. Evoluutio edellyttää luonnossa monimuotoisuutta, sillä ilman perimän muuntelua lajien mahdollisuus sopeutua ympäristössä tapahtuviin muutoksiin supistuu. Luonto ylläpitää ihmisen terveydelle elintärkeitä asioita, kuten ilman laatua sekä puhdasta vettä ja maaperää. Luonnonvarojen käytöllä on suora yhteys luontopääomaan, eli ekosysteemeihin, lajien populaatioihin ja ekosysteemipalveluihin, joista osan merkitys on korvaamaton. (Globaali arviointiraportti biodiversiteetistä ja ekosysteemipalveluista 2019: 3–4.) Kansainvälisen luonnonvarapaneelin mukaan luonnonvarojen käyttö ja

prosessointi aiheuttaa jopa 90 % globaalista biodiversiteettikadosta (Oberle ym. 2019: 11).

Luonnon monimuotoisuuden turvaamiseksi kiviainesten ottotoimintaa ei suunnitella alueille, joissa sijaitsee arvokkaita geologisia ja biologisia luontotyyppejä. Turvattavia geologisia tyyppejä ovat arvokkaiksi luokitellut harjut ja reunamuodostumat, kallioalueet, moreenimuodostumat, ranta- ja tuulikerrostumat, kivikot ja vedenalaiset muodostumat. Biologisia kohteita taas harvinaiset tai uhanalaiset kallio- ja harjukasvien esiintymät, kallionaluslehdot ja lähteiköt. (Maa-ainesten otto 2020: 24.) Luonnonsuojelulain asetuksen (160/1997) liitteissä kaksi, kolme ja neljä on määritelty rauhoitetut ja uhanalaiset kasvi- ja eläinlajit. Alueelle, jolle suunnitellaan kiviaineksen ottotoimia, tehdään tarpeen mukaan luontoselvitys, josta selviää mahdollisten suojeltavien lajien esiintyminen alueella. Selvityksen tekee aiheeseen kouluttautunut ammattilainen ja tulosten avulla voidaan harkita toimia, joilla pyritään turvaamaan harvinaisten lajien säilyvyys alueella.

Kiviainesten ottotoiminta muokkaa alueen ympäristöä ja aiheuttaa muutoksia alueen lajiston elinolosuhteille. Biodiversiteetin suojelun kannalta on tärkeää, että mahdolliset haitat luonnon monimuotoisuudelle pyritään ensisijaisesti välttämään ja vasta sitten minimoimaan välttämättömien haittojen vaikutusta. (Pekkonen ym. 2020: 12.)

## 6.2 Ottoalue ekosysteemihotellina

Ekosysteemihotellin avulla voidaan lieventää luonnon monimuotoisuudelle tapahtuvia vahinkoja maankäytön muutoksista johtuen. Toiminnan avulla pyritään säästämään paikallisesti tai alueellisesti merkittäviä eliölajeja ja ekosysteemejä siirtämällä ne tilapäisesti turvaan uudelle alueelle. Toiminnan päätyttyä eliöt tai ekosysteemit palautetaan alkuperäiselle alueelle.

Ekosysteemihotellin avulla luonnon palautuimista halutulla alueella voidaan nopeuttaa ja samalla säästää alueen alkuperäistä lajistoa. Ekosysteemihotelli toimii lajeille, jotka selviytyvät siirron aiheuttamasta stressistä. (Maa-ainesten ottaminen 2020: 13.)

Kiviaineksen ottopaikkojen reunoja, joissa toiminta ei aiheuta lajeille haittaa tai vanhoja ottopaikkoja, joissa toiminta on jo loppunut, voidaan hyödyntää ekosysteemihotellin sijaintina. Alueita voidaan käyttää sijainnista riippuen Destia Oy:n omiin ekosysteemihotellitarpeisiin, mutta kivenottoalueille sijoitettavat ekosysteemihotellit sopisivat ensisijaisesti eteenpäin myytäväksi palveluksi muille toimijoille. Sopivia asiakkaita voivat olla esimerkiksi läheiset rakennushankkeet.

### 6.3 Paahderinteet

Kansallisen uhanalaistarkastelun mukaan avoimien alueiden sulkeutumisella on merkittävä vaikutus ensisijaisena tai yhtenä useasta tekijästä eri lajien häviämislle (Hyvärinen ym. 2019: 32). Avoimista alueista paahderinteet ovat erityisen tärkeitä harvinaisille hyönteislajeille ja putkilokasveille (Ryttäri 2004: 12). Ympäristön muokkauksen myötä paahderinteille ominaiset, mahdollisesti uhanalaiset eliölajit hupenevat sopivien elinpaikkojen supistuessa.

Osana jälkihoitoa ja biodiversiteetin suojelua kiviainesten ottoalueelle voidaan jättää paahderinteitä. Paahderinteillä viihtyvät kasvit ja hyönteiset tarvitsevat menestyäkseen paljasta kiviainesmaata ja runsaasti lämpöä. Paahderinteeksi sopii yleensä etelään tai lounaaseen viettävä rinne, joka on loivennettu ja johon on muodostettu hiekkakumpuja. Paahderinteiden kasvillisuutta voidaan ammattilaisen avustuksella etsiä esimerkiksi ottamisalueen lähialueilta. Rauhoitettujen kasvien siementen keräämiseen tulee olla ELY-keskuksen lupa. Ulkomaisia siemenseoksia ei tule käyttää kasvillisuuden ehostamisessa. Paahderinteelle riittää muutamakin sopiva kasvilaji, joilla on tärkeä merkitys uhanalaistuneiden hyönteisten kannalta. (Maa-ainesten ottaminen 2020: 156–159.)

### 6.4 Lahopuut

Lähes puolet Suomen metsien uhanalaisista lajeista elää lahoppuuta runsaasti sisältävissä metsissä. Eliölajit tarvitsevat oikeassa lahoamisvaiheessa olevaa puuainesta ravinnoksi, kasvualustaksi, kodiksi ja lisääntymispaikaksi.

Lahopuussa menestyvät eri sieni-, kovakuoriais-, sammal-, jäkälä- ja lintulajit. Kuolleet lahopuut toimivat lopulta myös hyvänä kasvualustana uusille puuntaimille.

Lahopuuta syntyy luontaisesti ajan kuluessa, mutta metsänhoidon yleistymisen myötä sitä löytyy suomalaisista metsistä monimuotoisuuden kannalta liian vähän. (Lahopuu 2020.) Kiviaineksen oton yhteydessä reuna-alueille voidaan jättää lahopuumateriaalia, joka tarjoaa elinolosuhteet uhanalaisille lajeille ja näin tukee alueen biodiversiteettiä. Jälkihoidon yhteydessä lahopuun määrää voidaan tarvittaessa lisätä.

## **7 Luonnonkiviainesta korvaavat tuotteet**

Neitseellistä kiviainesta on tulevaisuudessa enenevässä määrin mahdollista korvata kiertotalouden tuotteilla. Tuotteita syntyy ylijäämämaista, teollisuuden sivutuotteista, lievästi pilaantuneista maa-aineksista, jätteistä ja vanhojen maarakenteiden materiaaleista. Uusiomaarakentamisen materiaaleja nimitetään UUMA-materiaaleiksi. Uusiomaarakentamisen avulla voidaan vähentää neitseellisten luonnonvarojen käyttöä ja energiankulutusta, jota tarvitaan esimerkiksi materiaalien kuljetukseen. UUMA-materiaaleja voidaan käyttää sellaisenaan tai yhdessä neitseellisen kiviaineksen kanssa laadun parantamistarkoituksessa. (Mitä uusiorakentaminen on 2018.)

Neitseellistä kiviainesta ei kuitenkaan voida täysin korvata uusiomateriaalien avulla, sillä materiaalit eivät täytä vaatimaan rakentamiseen annettuja laatuvaatimuksia. Uusiomateriaaleilla on kuitenkin tärkeä rooli tulevaisuudessa rakentamisen kiertotaloudessa.

## **8 Tuotannon päästöt ja niiden vähentäminen**

### **8.1 Kalliokiviaineksen tuotanto**

Kalliokiviaineksen tuotannon päästöt koostuvat työkoneiden käytöstä ottoalueella, eli kiviaineksen louhinnasta, murskauksesta, siirtelystä ja



kuljetuksesta. Energianlähteenä työkoneet käyttävät pääsääntöisesti fossiilista polttoainetta. Päästöjä on mahdollista vähentää hyödyntämällä uusiutuvaa energiaa kiviaineksen tuotannossa. Hiilineutraaliin tuotteeseen tähdätessä päästöjen kattava vähentäminen tulee olla ensisijainen käytettävä keino. Vain välttämättömien päästöjen osalta tulisi hyödyntää hiilikompensaation mahdollisuutta. Päästöjen vertailemiseksi tässä työssä käytetään case-esimerkkinä Jyväskylässä sijaitsevaa Destia Oy:n kalliokiven ottoaluetta.

Ottoalueelta on louhittu ja murskattu kevään 2021 aikana 89 000 tonnia kiviainesta. Nykyisen luvan avulla alueelta voidaan tulevaisuudessa louhia vielä 340 000 m<sup>3</sup> kiviainesta. Murskaus ja työkoneet ovat kuluttaneet alueella tänä aikana yhteensä 66 953 litraa kevyttä polttoöljyä. Polttoöljyn kulutuksesta 70 % on kulunut murskauksessa ja loput 30 % työkoneiden käytössä. (Jäteraportti 2021.) Lisäksi louhinnassa on käytetty 8 900 litraa kevyttä polttoöljyä (Jyväskylä 2021). Käytetty kevyt polttoöljy on eurooppalaisen dieselstandardi EN590:n mukaista. Taulukossa 2 on esitetty louhinnan, murskauksen ja työkoneiden yhteensä synnyttämät päästöt vuoden 2021 aikana.

Taulukko 2. Ottoalueen päästöt yhteensä vuonna 2021 kevyttä polttoöljyä hyödyntäen

Päästö	Päästöt yhteensä (t)
Hiilidioksidi, CO <sub>2</sub>	185,8
Rikkioksidi, SO <sub>2</sub>	0,0006
Typpioksidit, Nox	0,63
Häkä, CO	0,33
Hiukkaset	0,094

Päästöjen vähentämiseksi alueella suunnitellaan siirtymistä sähköiseen murskaukseen. Tällöin murskauksessa käytettäisiin uusiutumattomalla kevyellä polttoöljyllä toimivan aggregaatin sijaan verkkovirtaan kytkettyä murskauslaitteistoa. Tällä tulisi olemaan vaikutus paitsi hiilidioksidipäästöihin, myös rikkioksidi-, typpioksidi-, häkä- ja hiukkasmääriin. Työkoneiden ja louhinnan osalta siirryttäisiin käyttämään uusiutuvaa polttoöljyä, joka valmistetaan jäte- ja tähderaaka-aineista.

Koska siirtyminen sähköisen murskauksen ja uusiutuvan polttoöljyn käyttöön tulee mahdollisesti tapahtumaan vasta tulevaisuudessa, tässä työssä esitetyt päästölaskelmat ovat teoreettisia. Niiden avulla on kuitenkin mahdollista tehdä päätelmiä tuotannon päästöistä. Laskelmissa on arvioitu kiviaineksen tuotannon päästöt vuoden 2021 louhintamäärien perusteella. Tuotannon päästöt kattavat murskauksen, työkoneet ja louhinnan, jotka ovat esitetty erillisissä luvuissa.

Kuljetusta ei lueta tässä työssä osaksi tuotantoa, sillä suurin osa kiviaineksesta myydään suoraan ottoalueella sijaitsevista varastokasoista asiakkaalle ilman kuljetusta. Kuljetusmahdollisuus ei kuitenkaan ole poissuljettu vaihtoehto, jonka takia aihetta on käsitelty omassa luvussaan.

## 8.2 Murskaus

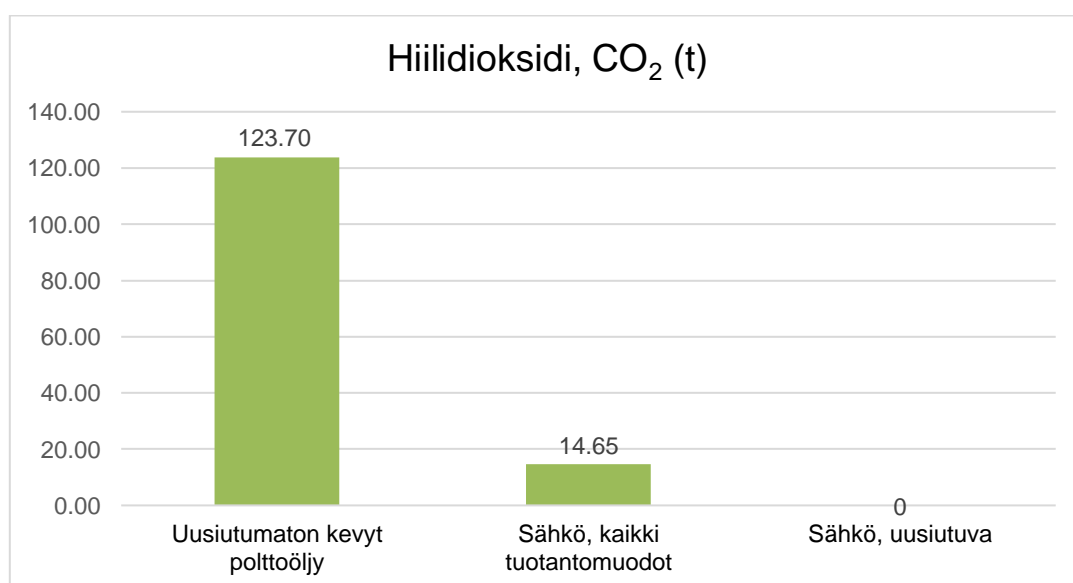
Kokonaan sähköisen murskauksen hyödyntäminen vaatii verkkovirtaan liittymistä. Tämä tarkoittaa toiminnan aloituksen investointikulujen kasvua verrattuna kevyellä polttoöljyllä murskaukseen, minkä takia sähköinen murskaus ei ole välttämättä kannattava valinta pienillä louhinta-alueilla. Sähköistä murskausta suunniteltaessa tulee kiinnittää huomiota sähkölinjojen etäisyyteen ottopaikasta ja suunniteltuun kokonaislouhintamäärään vuosien aikana.

Murskaus kulutti vuonna 2021 kevyen polttoöljyn kokonaiskulutuksesta 70 %, mikä tarkoittaa 46 867 litraa. Taulukossa 3 on kuvattu murskauksen aiheuttamat päästöt samaisena vuonna. Murskauslaitos tuottaa vuorokaudessa noin 3 500 tonnia kalliokivimursketta ja kuluttaa aggregaatin avulla vuorokaudessa 1 843 litraa kevyttä polttoöljyä.

Taulukko 3. Ottoalueen murskauksen päästöt vuonna 2021 uusiutumaton polttoainetta käyttäen koko tuotantomäärältä

Päästö	Murskauksen päästöt (t)
Hiilidioksidi, CO <sub>2</sub>	123,7
Rikkioksidi, SO <sub>2</sub>	0,0004
Typpioksidit, NO <sub>x</sub>	0,25
Häkä, CO	0,03
Hiukkaset	0,07

Kuvassa 4 on esitetty murskauksen päästöt vuoden 2021 tuotantomäärän mukaan, kun energiamuotona hyödynnetään uusiutumaton kevyttä polttoöljyä, kaikkia sähköntuotantomuotoja ja uusiutuvaa sähköä. Kaikkia sähköntuotantomuotoja hyödyntävän energian päästöjä laskettaessa on käytetty Suomessa kulutetun sähkön päästökerrointa 72 gCO<sub>2</sub>/kWh vuodelta 2020, joka tarkoittaa, että laskennassa on huomioitu kaikki Suomen sähköntuotantomuodot sekä myös Suomeen tuodun sähkön päästöt. (Sähköntuotannon CO<sub>2</sub>-päästöarvio 2020.) Sähköisen murskauksen kulutus ottoalueella tulisi olemaan noin 8 000 kWh/vrk.



Kuva 4. Murskauksen hiilidioksidipäästöt eri energianlähteitä hyödyntäen

Pelkästään sähköiseen murskaukseen siirtyminen tuottaa siis jo päästövähennyksiä. Ydinvoima sekä aurinko-, tuuli- ja vesivoima ovat luokiteltu päästöttömiksi energiamuodoiksi, joka tarkoittaa, että niiden CO<sub>2</sub>-päästökerroin on nolla. (Sähköntuotannon CO<sub>2</sub>-päästöarvio 2020.) Hiilineutraalin kiviaineksen tuotannossa hyödynnettäisiin uusiutuvia energiamuotoja, eli aurinko-, tuuli- ja vesivoimaa. Tällöin murskauksesta ei aiheudu laskennallisesti hiilidioksidipäästöjä. Uusiutuvaan sähköön siirryttäessä myös murskauksesta aiheutuvat polttoperäiset rikkioksidi-, typpioksidi-, häkä- ja hiukkaspäästöt laskevat nolnaan.

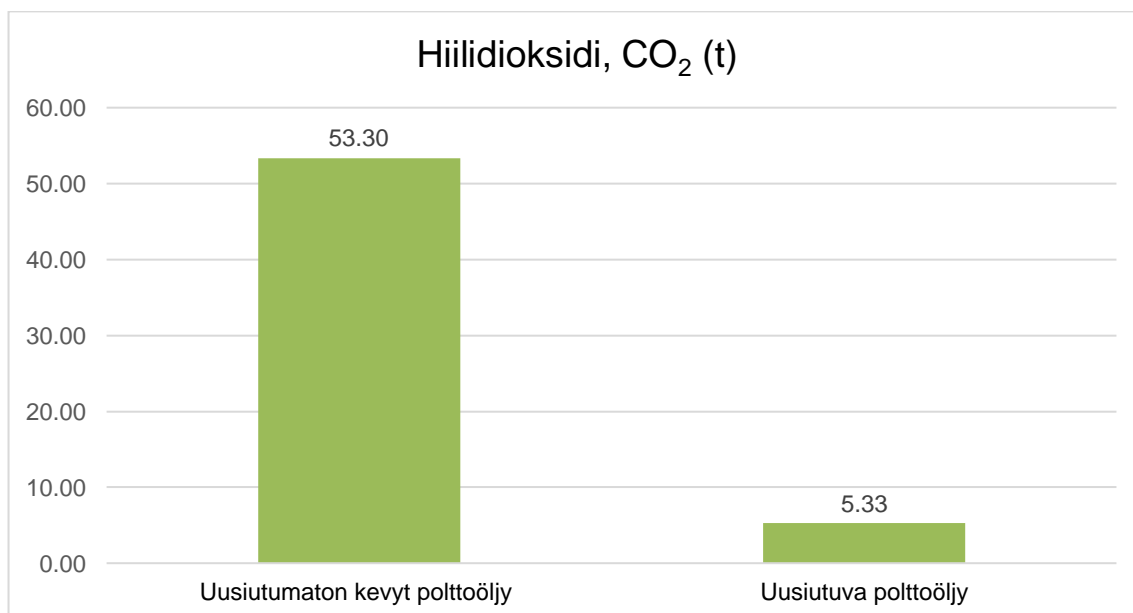
### 8.3 Kuormaimet ja kaivinkoneet

Työkoneiden valinnan ottoalueelle määrittelee pitkälti alueella toimivien alihankkijoiden kaluston tarjonta. Työkoneet toimivat edelleen pääsääntöisesti polttomoottorilla, minkä takia työssä on valittu energialähteeksi kevyt polttoöljyä ympäristöystävällisempi, uusiutuva polttoöljy. Alihankkijoiden kilpailutuksessa voidaan vaatia käytettäviltä työkoneilta parhainta Stage-luokitusta päästöjen vähentämiseksi. Stage-luokituksen tavoite on säädellä työkoneiden pakokaasupäästöjä. Säänneltyihin päästöihin kuuluu häkä, typpioksidit, pienhiukkaset ja hiilivedyt sekä viimeisimmissä luokituksissa myös ammoniakkipäästöt. Mitä suurempi ilmoitettu Stage-luokka on, sitä pienemmät päästöt kyseisellä työkoneella on mitattu olevan. (Työkoneet 2020.)

Uusiutuvan polttoöljyn valinnassa tulee huomioida, mistä raaka-aineista polttoaine on valmistettu ja mikä on raaka-aineen tuottama kuormitus ympäristölle. Uusiutuvissa polttoöljyissä hyödynnetään esimerkiksi palmuöljyä, jonka tuotanto taas on usein kytköksissä sademetsien raivaamiseen. Sademetsien ollessa merkittävä hiilinielu koko maapallolle on toiminta ristiriidassa uusiutuvien polttoaineiden ympäristöystävällisyyteen tähtäävien tavoitteiden kanssa. (Annala 2021.) Hiilineutraalin kiviaineksen tuotannossa alueen työkoneet tulevat hyödyntämään uusiutuvaa polttoöljyä, joka valmistetaan jäte- ja tähderaaka-aineista.

Vaihtamalla kevyt polttoöljy uusiutuvaan vaihtoehtoon, joka on valmistettu jäte- ja tähdemateriaaleista, voidaan vähentää merkittävästi hiilidioksidipäästöjä. Työssä on käytetty esimerkkinä 100-prosenttisesti uusiutuvista raaka-aineista valmistettua polttoöljyä, joka vähentää hiilidioksidipäästöjä noin 90 % tavalliseen kevyeen polttoöljyyn verrattuna (Teboil Green+ uusiutuva polttoöljy). Tuotteen käyttäminen ei vaadi vanhan työkalustalon uusimista.

Työkoneet kuluttivat vuonna 2021 ottoalueella 30 % kevyen polttoöljyn kokonaiskulutuksesta, mikä tarkoittaa 20 086 litraa (Jäteraportti 2021). Kuvassa 5 on kuvattu työkoneiden aiheuttamat päästöt käyttämällä uusiutumaton kevyttä polttoöljyä ja uusiutuvaa polttoöljyä.



Kuva 5. Työkoneiden hiilidioksidipäästöt vuonna 2021 hyödyntäen uusiutumaton kevyttä polttoöljyä ja uusiutuvan polttoöljyn hyödyntämisen teoreettiset päästöt

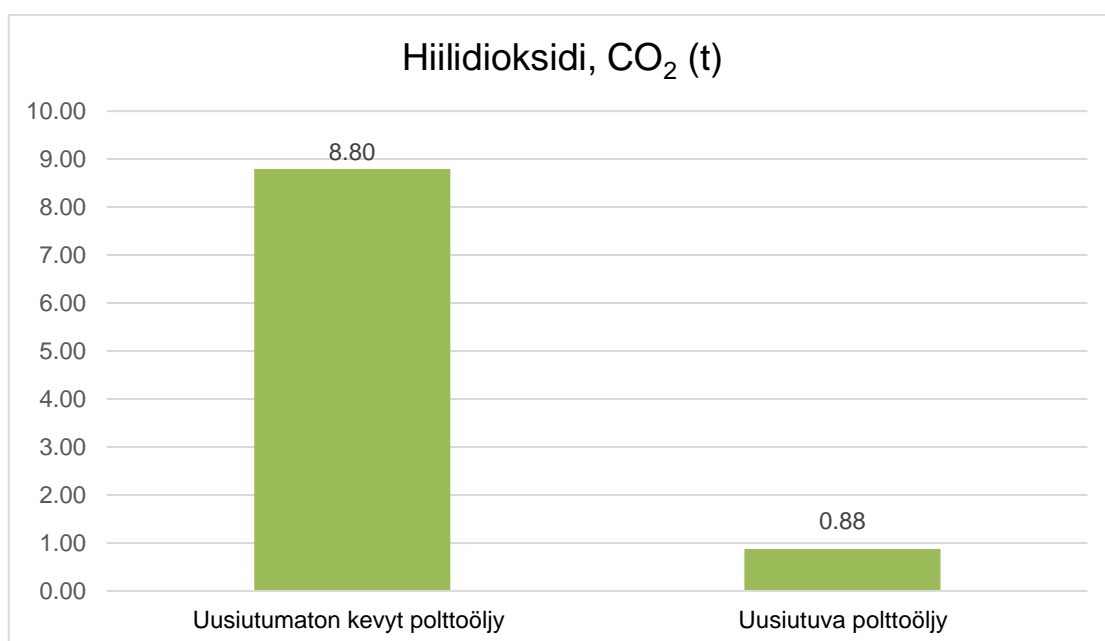
Päästö määrän erotus uusiutumattoman ja uusiutuvan polttoöljyn välillä vuoden 2021 tuotantomäärillä on 47,97 tonnia hiilidioksidia.

Erilaiset hybriditekniikalla tai kokonaan sähköllä toimivat työkoneet kehittyvät jatkuvasti ja oletettavasti yleistyvät tulevaisuudessa. Tällä hetkellä alihankkijoilla ei kuitenkaan ole tarjolla riittävästi tällaista kalustoa, jotta sitä voitaisiin

hyödyntää kiviaineksen tuotannossa Suomen mittakaavassa. Yksittäisellä ottopaikalla se voi kuitenkin olla mahdollista.

## 8.4 Louhinta

Louhinta kuluttaa kevyttä polttoöljyä 0,1 litraa kuutiolta. Vuonna 2021 kevyttä polttoöljyä kului louhintaan ottoalueella 8 900 litraa. (Jäteraportti 2021.) Kuvassa 6 on esitetty louhinnan hiilidioksidipäästöjen eroja uusiutumattoman kevyen polttoöljyn ja uusiutuvan polttoöljyn välillä. Mikäli kevyt polttoöljy vaihdettaisiin uusiutuvaan polttoöljyyn, hiilidioksidipäästöt putoaisivat 7,92 tonnia.



Kuva 6. Louhinnan hiilidioksidipäästöt vuonna 2021 hyödyntäen uusiutumattonta kevyttä polttoöljyä ja uusiutuvan polttoöljyn hyödyntämisen teoreettiset päästöt

## 8.5 Kuljetus

Merkittävä osa kiviainestuotteiden käytön ilmastovaikutuksista syntyy kuljetuksesta (Laine ym. 2020: 27). Suurin osa Destia Oy:n kiviaineksesta myydään suoraan louhinta- ja säilytysalueelta asiakkaalle, jolloin valmistajalla ei ole mahdollisuutta vaikuttaa kiviaineksen kuljetuksen päästöihin. Mikäli

vastuullisen kiviaineksen myyntiin on kuitenkin yhdistetty myös kuljetus, tulisi siinä hyödyntää päästöjen sekä energiankulutuksen kannalta tehokkainta tekniikkaa ja kuljetuksessa tulee tähdätä korkeaan käyttöasteeseen kuorman osalta. Kuljetuksen tuottamasta ympäristökuormituksesta ja kustannuksista johtuen paras mahdollinen tilanne olisi, mikäli ottopaikka sijaitsisi lähellä kiviainesta tarvitsevia toimia. Käytännössä tämä tarkoittaa kasvukeskuksia, joissa on jatkuvaa infra-rakentamista.

Kiviaineksen kuljetuksen järjestämisessä vallitsevana käyttövoimana koko Suomea tarkasteltaessa toimii edelleen dieselkuorma-autot. Uusia käyttövoimia hyödyntävää kalustoa on jo tullut alalle, mutta niiden osalta on huomioitava, että toimintamatka ja jakeluverkosto ovat edelleen heikommat diesel- ja bensiinikalustoon verrattuna. (Opas tavarankuljetuspalveluiden hankintaan 2019: 7.) Projektikohtaisesti ja alihankkijoiden tarjoaman kaluston mukaan kuljetus voi kuitenkin olla mahdollista järjestää uusia käyttövoimia käyttäen. Sähkö, uusiutuva diesel ja biokaasu ovat mahdollisia vaihtoehtoja myös raskaassa liikenteessä, vaikkakin niiden tarjonta on edelleen suppea. Valintoja ympäristöystävällisyyden kannalta voidaan kuitenkin tehdä valitsemalla kalusto, joka on tekniikaltaan uutta ja huollettu asianmukaisesti. Vaatimuksena voi olla esimerkiksi parhain mahdollinen EURO-luokitus, jolla säädellään raskaan kaluston aiheuttamia päästöjä. EURO-luokituksen säänneltäviin päästöihin kuuluu häkä, typpioksidit, pienhiukkaset ja hiilivedyt. Mitä suurempi EURO-luokitus on, sitä puhtaampia kaluston pakokaasupäästöt ovat. Luokituksen rajoja tiukennetaan noin viiden vuoden välein. (Työkoneet 2020.) Tiettyä EURO-luokitusta vaadittaessa tulee ottaa huomioon alueella toimivien alihankkijoiden kalusto. Liian korkeat vaatimukset voivat erityisesti syrjäisillä alueilla tarkoittaa sitä, että sopivaa toimijaa ei löydy tehtävään. Vaatimuksissa tuleekin käyttää projektikohtaista harkintaa. Kuljettajilla tulee myös olla riittävä taloudellisen ajotavan koulutus.

Kuljetuskalusto kehittyy ja tulevaisuudessa uudet käyttövoimat voivat korvata fossiilisilla polttoaineilla toimivaa kalustoa. Täyssähköllä toimivia kuorma-autoja liikennöi jo Suomessa, mutta määrä on edelleen vähäinen. Sähkökuorma-autot soveltuvat parhaiten lyhyen ja keskipitkän matkan liikennöintiin kaupunkialueen

läheisyydessä latausinfraan riittämättömyyden vuoksi. (Helander 2021.) Myös biokaasu ja uusiutuva diesel ovat jo käytössä liikenteessä, joskin niiden kohdalla on sähkön kanssa yhtenäinen ongelma tankkausinfraan niukkuudesta. (Opas tavarankuljetuspalveluiden hankintaan 2019: 7.) Valtion tavoitteet hiilidioksidipäästöjen vähentämisen suhteen saattavat tuoda muutoksia raskaanliikenteen energiamuotoihin lähitulevaisuudessa. Tulevaisuudessa raskaanliikenteen energiamuotona voi toimia myös vety.

## 8.6 Hiilikompensaatio

Hiilikompensaation tavoite on hillitä ilmastonmuutosta hyödyntämällä erilaisia hiilensidontaa lisääviä ratkaisuja. Hiilidioksidipäästöjä voidaan sitoa ottoalueen maisemoinnin yhteydessä istutettavan kasvillisuuden avulla.

Hiilikompensaatiota suunniteltaessa on tärkeää ottaa huomioon, että tuotetut päästövähennykset voidaan arvioida ja raportoida läpinäkyvästi, kasvihuonekaasujen sitomisen pysyvyys on riittävän pitkä, tehdyt toimet ovat lisätoimenpiteitä, vähennys voidaan todentaa riippumattoman osapuolen kautta, vähennyksiä laskettaessa ei ole tapahtunut kaksoislaskentaa ja toiminta ei ole aiheuttanut hiilivuotoa. (Niemistö ym. 2021: 25.)

Yhden metsäkuusen (*Picea abies*) hiilensidonta karikkeen ja maaperän sidonta mukaan lukien on 55 vuoden kiertoajalla keskimäärin 64 kg C. Kuusen istutustiheys yhdelle hehtaarille on noin 1900–2000 kpl. (Kaikki Taimiteosta.) Taulukossa 4 kuvataan ottoalueen kompensoitavaa hiilidioksidimäärää, kun valmistuksessa on siirrytty sähköiseen murskaukseen ja uusiutuvan polttoöljyn käyttöön.

Taulukko 4. Kompensoitava hiilidioksidimäärä vuoden 2021 tuotantomäärien mukaan laskettuna

Kompensoitava hiilidioksidimäärä, CO <sub>2</sub> (kg)	Tarvittavat metsäkuusen taimet
6 210	30,79



Murskaus ei tuota kompensoitavia päästöjä, kun energiamuotona käytetään aurinko-, tuuli- ja vesivoimaa. Jäljelle jää työkoneiden ja louhinnan aiheuttamat hiilidioksidipäästöt. Hiilidioksidipäästöjä syntyy yhteensä 6,21 tonnia, eli 6 210 kg. Päästöjen hiilimäärän kompensointiin vaaditaan noin 31 metsäkuusen taimea. Kompensaation jälkeen myytävä lopputuote on hiilineutraalia kiviainesta.

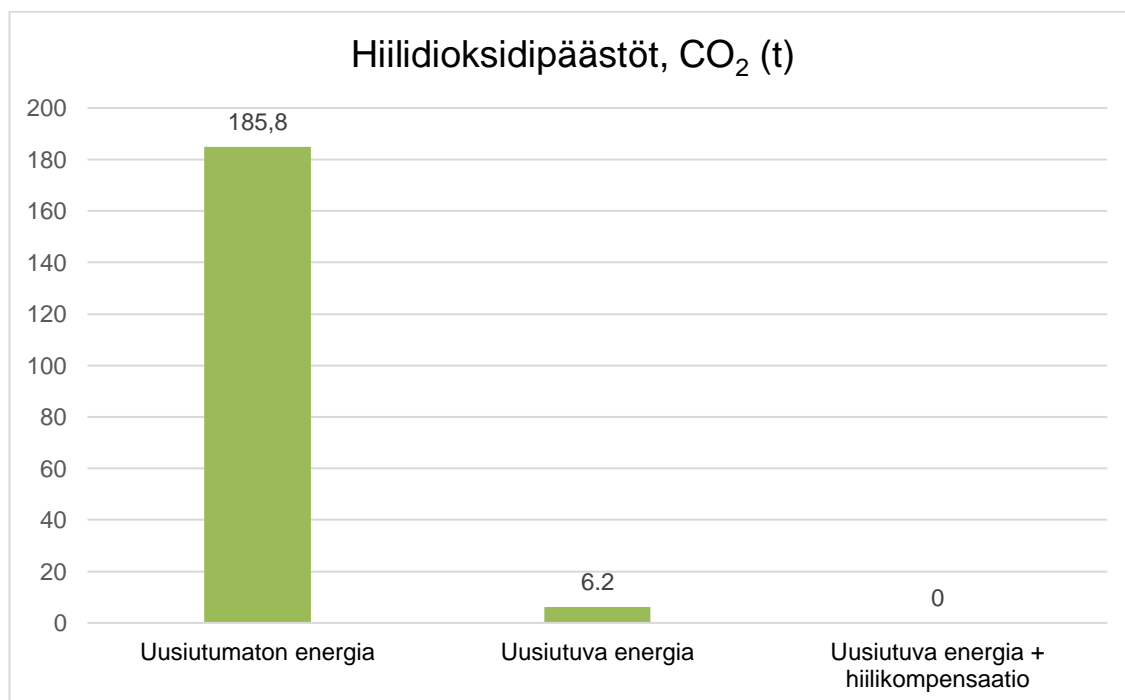
## 9 Yhteenveto

Ilmastonmuutos, luonnon monimuotoisuuden kapeneminen ja luonnonvarojen ehtyminen ovat huolenaiheita, jotka koskettavat yli alakohtaisten rajojen. Infrarakentamiseen ja valmiiden rakenteiden kunnossapitoon tarvittavien raaka-aineiden ympäristövastuullisuudella on kasvava merkitys tulevaisuudessa ympäristöongelmia ratkaistaessa. Tuotannossa tehtyjen vastuullisten valintojen avulla on mahdollista tuottaa kiviainesta hiilineutraalilla, biodiversiteettiä tukevalla ja resurssitehokkaalla tavalla. Toimilla on suora vaikutus ilmastoa lämmittävien ja saastuttavien päästöjen syntyyn sekä luonnon monimuotoisuuden turvaamiseen välttämättömiä infrarakennusraaka-aineita hankittaessa.

Onnistuneen massakoordinaation avulla kiviainesten ottotoiminta voidaan toteuttaa resurssitehokkaasti hankkimalla laadultaan käyttökohdetta vastaavia kiviaineita alueelta, jossa niille on myös tarvetta. Vastuullisella jälkihoidolla taataan, että alueen luonnolla on mahdollisuus palautua, ja että alue on tulevaisuudessa turvallinen liikkua. Jälkihoidolla voidaan myös muokata aluetta uutta käyttötarkoitusta varten.

Biodiversiteetin suojeleminen on aina projektikohtaista ja valitut toimenpiteet luonnon monimuotoisuuden suojelemiseksi on suunniteltava luontoselvitykseen nojaten yksilöllisesti kyseiselle alueelle. Kalliokiviaineksen otto- ja käyttöpaikkoja voidaan usein hyödyntää paahderinnealueina, joissa harvinaisilla hyönteis- ja kasvilajeilla on mahdollisuus menestyä. Ekosysteemi- ja biodiversiteettin mahdollisuutta voidaan hyödyntää tarjoamalla kiviainesten otto- ja käyttöpaikkoja väliaikaisiksi sijoituspaikoiksi rakennusurakka-alueiden kasvillisuudelle.

Vastuullisen kiviaineksen tuotannossa on mahdollista saavuttaa hiilineutraali lopputulos siirtymällä sähköiseen murskaukseen ja vaihtamalla työkoneiden kevyt polttoöljy uusiutuvaan vaihtoehtoon. Kuvassa 7 on vertailtu toiminnasta syntyviä hiilidioksidipäästöjä hyödyntämällä uusiutumaton ja uusiutuvaa energiaa. Muutoksilla on mahdollista saada aikaan 179,6 tonnin vähennys hiilidioksidipäästöihin. Tämä vastaa 97 %:n päästövähennystä aiempaan tuotantomuotoon.



Kuva 7. Päästöjen vertailu energianmuotojen välillä

Syntyvät 6,2 tonnia tuotannon hiilidioksidipäästöistä voidaan kompensoida istuttamalla noin 31 metsäkuusta. Hiilikompensaatioon tähtäävän puuston ei tarvitse sijaita päästölähteen läheisyydessä, sillä ilmaston kannalta ei ole väliä, missä päin kasvihuonekaasuja sidotaan (Pekkonen ym. 2020: 13). Taimet voidaan siis istuttaa mille tahansa Destia Oy:n ottoalueista. 31 kappaletta metsäkuusia sitoo aiheutuneet hiilidioksidipäästöt 55 vuoden kiertokaudella. Hiilensidontaa voidaan nopeuttaa ylikompensoimalla päästöt istuttamalla tarvetta runsaammin uutta puustoa. Sähköisellä murskauksella on positiivinen vaikutus alueella työskentelevien ihmisten meluallistumiselle ja lähialueen ympäristömelun tasolle murskauksen aikana.

Lainsäädäntö, teknologia ja tutkimustieto aiheen ympärillä kehittyvät jatkuvasti. Tässä työssä esitetyt ympäristövastuullisuuden raamit ja hiilineutraaliin tuotantoon tähtäävät muutokset on laadittu tällä hetkellä relevantin tiedon mukaan. Kehityksen kulkiessa eteenpäin myös ympäristövastuullisuuden tavoitteiden on kehityttävä pyrkien aina ympäristön kannalta parhaaseen lopputulokseen.

## Lähteet

Annala, Silja. 2021. Yritysten käyttämä palmuöljy aiheuttaa edelleen sademetsien tuhoa. Verkkoaineisto. WWF. <<https://wwf.fi/uutiset/2021/09/wwfn-selvitys-yritysten-kayttama-palmuoljy-aiheuttaa-edelleen-sademetsien-tuhoa/>> Luettu 7.10.2021.

CE-merkintä. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <<https://ym.fi/ce-merkinta>> Luettu 5.11.2021.

Globaali arviointiraportti biodiversiteetistä ja ekosysteemipalveluista. 2019. Luontopaneeli - Suomen kansallinen IPBES-paneeli.

Haapa saastuneen maan puhdistajana. 2011. Verkkoaineisto. Luonnonvarakeskus. <<http://www.metla.fi/metinfo/fytorem/index.htm>> Luettu 18.8.2021.

Hallanaro, Eeva-Liisa ja Loukola-Ruskeeniemi, Kirsti. 2014. Arseenia kalliossa! ja mitä siitä seuraa. Geologian tutkimuskeskus. Helsinki: Otavan kirjapaino Oy

Helander, Benjamin. 2020. Vaihtoehtoiset polttoaineet raskaassa liikenteessä - missä mennään? Verkkoaineisto. Moottori. <<https://moottori.fi/ajoneuvot/jutut/vaihtoehtoiset-polttoaineet-raskaassa-liikenteessa/>> Luettu 25.10.2021.

Huhtinen, Timo; Palolahti, Anton; Räisänen, Mika ja Torppa, Akseli. 2018. Kiviaineshuollon kehittäminen. Ympäristöministeriön raportteja 13/2018. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Huolehdi oikein öljyjätteestä - öljyä voi kierrättää rajattomasti. 2017. Verkkoaineisto. Lassila & Tikanoja. <<https://lassikko.lt.fi/huolehdi-oikein-oljyjatteesta-oljya-voi-kierrattaa-rajattomasti>> Luettu 29.10.2021.

Jyväskylä. 2021. Yrityksen sisäinen dokumentti. Destia Oy.

Jäteraportti, Destia Oy. 2021. Yrityksen sisäinen dokumentti. Kamrock Oy.

Kaavoitus ja maankäyttö. Verkkoaineisto. Maankäyttö- ja rakennuslaki uudistuu. Ympäristöministeriö. <<https://mrluudistus.fi/kaavoitus-ja-maankaytto/>> Luettu: 17.8.2021.

Kaikki Taimiteosta. Verkkoaineisto. <<https://www.taimiteko.fi/info/>> Luettu 25.10.2020.

Kuula, Pirjo. 2016. Kiviaineksen tekniset laatumormit. Tampereen teknillinen yliopisto.

Kiviaines ja kiertotalous. Verkkoaineisto. Destia Oy. <<https://www.destia.fi/palvelut/kiviaines-ja-kiertotalous.html>> Luettu 4.8.2021.

Kiviaineshuolto. Verkkoaineisto. Kaiva.fi. <<https://kaiva.fi/kaivannaisala/kiviaineshuolto/>> Luettu 4.11.2021.

Lonka, Harriet; Loukola-Ruskeeniemi, Kirsti; Ehrukainen, Eija; Gustafsson, Juhani; Honkanen, Mika; Härmä, Paavo; Jauhiainen, Pekka; Kuula, Pirjo; Nenonen, Keijo; Pellinen, Terhi; Rintala, Jari; Selonen, Olavi; Martikainen, Mikko ja Aalto, Mika. 2015. Kiviaines- ja luonnonkiviteollisuuden kehitysnäkymät. Työ ja elinkeinoministeriön julkaisuja. 54/2015.

Lahopuu. 2020. Verkkoaineisto. Metsähallitus. <<https://metsä.fi/projekti/metsabiotalouden-nauteikkuna/lahopuu/>> Luettu 30.10.2021.

Louhintaa ja räjäytyksiä tietyömailla. Verkkoaineisto. <<https://vayla.fi/ymparisto/melu-tarina/louhinnat>> Luettu 30.10.2021.

Louhinta ja kiviainestuotanto. Verkkoaineisto. Rakennusteollisuus. <<https://www.rakennusteollisuus.fi/INFRA/tietoa-alasta/Louhinta-ja-kiviaines/>> Luettu 28.7.2021.

Luonnonsuojelulain- ja asetuksen uudistus. Verkkoaineisto.

Ympäristöministeriö. <<https://ym.fi/luonnonsuojelulain-ja-asetuksen-uudistus>>  
Luettu 27.10.2021.

Maa-aineslaki. 1981. 555/1981.

Maa-ainesten ottaminen: Opas ainesten kestäväään käyttöön. 2020.

Ympäristöministeriön julkaisuja. 2020:24. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Mitchell, Clive. 2009. Quarry fines and waste. NERC Open Research Archive.

Muraus-asetus. 2010. 800/2010.

Niemistö, Johanna; Seppälä, Jyrki; Karvonen, Jaakko ja Soimakallio, Sampo.  
Päästökompensaatiot ilmastonmuutoksen hillinnän keinona Suomessa – nyt ja  
tulevaisuudessa. 2021. Ympäristöministeriön julkaisuja. 2021:12. Helsinki:  
Ympäristöministeriö.

Oberle, Bruno; Bringezu, Stefan; Hatfield-Dodds, Steve; Hellweg, Stefanie;  
Schandl, Heinz & Clement, Jessica. Global resources outlook - Natural  
resources for the future we want. 2019. UNEP & International Resource Panel.

Ohje kiviainesten CE-merkintään. 2017. Verkkoaineisto. Infra Ry.  
<<https://www.rakennusteollisuus.fi/INFRA/Jasenpalvelu/Jasentiedotteet-kansio/2017/ohje-kiviainesten-ce-merkintaan/>> Luettu 1.11.2021.

Opas tavarankuljetuspalveluiden hankintaan - Suosituksia vaatimuksiksi ja  
vertailukriteereiksi. 2018. Motivan hankintapalvelu. Versio 1.2 7/2019.

Pekkonen, Miina; Rytteri, Terhi; Belinskij, Antti; Koljonen, Saija; Mykrä, Heikki;  
Kostamo, Kirsi & Ahlroth, Petri. 2020. Tietotaso ja kokemukset ekologisesta  
kompensoinnista Suomessa. Ympäristöministeriön julkaisuja. 2020:20. Helsinki:  
Ympäristöministeriö.

Hyvärinen, Esko; Júslen, Aino; Kemppainen, Eija; Uddström, Annika ja Liukko, Ulla-Maija. 2019. Suomen lajien uhanalaisuus - Punainen kirja 2019. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus.

Ryttäri, Terhi. 2004. Paahdeympäristöt - ekologia ja kasvisto. Teoksessa Paahdeympäristöjen ekologia ja uhanalaiset lajit. 2005. Helsinki: Suomen ympäristökeskus.

Sähkötuotannon CO<sub>2</sub>-päästöarvio. Verkkoaineisto. Fingrid.  
<<https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/sahkomarkkinainformaatio/co2/>> Luettu 18.10.2021.

Teboil Green+ uusiutuva polttoöljy. Verkkoaineisto. Oy Teboil Ab.  
<<https://www.teboil.fi/tuotteet/kevyt-polttoöljy/teboil-green-uusiutuva-polttoöljy/>> Luettu 19.10.2021.

Työkoneet. 2020. Verkkoaineisto. Motiva.  
<[https://www.motiva.fi/julkinen\\_sektori/kestavat\\_julkiset\\_hankinnat/tietopankki/tyokoneet](https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kestavat_julkiset_hankinnat/tietopankki/tyokoneet)> Luettu 13.11.2021.

Vastuullisuus Destia Oy. 2021. Yrityksen sisäinen dokumentti. Destia Oy.

Ympäristöasioiden hallinta kiviainestuotannossa, Paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT). 2010. Suomen ympäristö. 25/2010. Helsinki: Edita Prima Oy.

Ympäristönsuojelulaki. 2014. 527/2014