



Karelia-ammattikorkeakoulu  
Insinööri rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

# Hiilijalanjälki Joensuun ratapihan parannushankkeessa

Maanrakennuksen osalta

Sami Karttunen  
Tomi Karttunen

Opinnäytetyö, Maaliskuu 2023

[www.karelia.fi](http://www.karelia.fi)



**OPINNÄYTETYÖ**  
**Maaliskuu 2023**  
**Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan insinööri**

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
+358 13 260 600

Tekijät  
Sami Karttunen  
Tomi Karttunen

Nimeke

Hiilijalanjälki JOERA hankkeessa  
Toimeksiantaja NRC Group Oy

Tiivistelmä

Opinnäytetyö käsittelee Joensuun ratapihanparannushankkeen hiilijalanjäljen laskemista pääosin maa- ja päällysranteen osalta. Työssä jätetään pois rakennettavien rakennusten sekä muiden niin sanottujen pintarakenteiden päästöt. Hiilijalanjäljen laskeminen ja siitä puhuminen on nykypäivänä polttava puheenaihe ilmastomuutoksen vuoksi. Ratainfraassa päästöt painottuvat pääosin materiaaleihin, joten niistä tulevat päästöt ja pienentämismahdollisuudet ovat tärkeässä roolissa taistelussa globaalia ilmiötä vastaan.

Kieli  
suomi

Sivuja 32  
Liitteet 1  
Liitesivumäärä 1

Asiasanat  
hiilijalanjälki, rata-infra, CO2, LCA



**THESIS**  
**March 2023**  
**Degree Programme in Construction Engineering**  
Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
FINLAND  
+ 358 13 260 600

Author (s)  
Sami Karttunen  
Tomi Karttunen

Title  
Carbon Footprint in JOERA Railway Project  
  
Commissioned by NRC Group Finland Oy

**Abstract**

This thesis deals with carbon footprint calculations for Joensuu railway yard improvement project, mainly in terms of ground construction. The work excludes emissions from buildings and other so-called surface structures. Calculating the carbon footprint and talking about it is a hot topic nowadays due to climate change. Emissions from rail infrastructure are mainly material-based, so the resulting emissions and reduction possibilities play an important role in the fight against the global phenomenon.

Language  
Finnish

Pages 32  
Appendices 1  
Pages of Appendices 1

Keywords  
Carbon footprint, railway infrastructure, CO2, LCA

# Sisältö

1	Johdanto .....	5
2	Teoriaosuus .....	7
2.1	Tietoa projektista JOERA .....	7
2.2	Hiilijalanjälki ja sen merkitys ympäristölle .....	8
2.3	Infrarakentamisen materiaalihokkuus .....	9
2.3.1	Kierrätys .....	10
2.3.2	Lajittelu .....	11
2.3.3	Esimerkkejä muista hankkeista.....	12
2.3.4	PIMA maat.....	13
3	Opinnäytetyössä käytetyt menetelmät .....	13
3.1	Laskentaan käytettävä työkalu.....	13
3.2	Standardi .....	14
3.3	Käytettävät ympäristötietolähteet.....	20
3.3.1	CO2data .....	20
3.3.2	EPD .....	21
4	Opinnäytetyön toteutus: menetelmät ja prosessit .....	22
4.1	Opinnäytetyön tekemisen prosessi .....	22
4.2	Tiedon keräys C7 ja seurantataulukot .....	22
4.3	Laskenta OneClick LCA ohjelmistolla .....	22
4.4	Laskennan rajaus .....	23
5	Tulokset .....	27
5.1	Ennuste vuodelle 2023 .....	30
5.2	Vaihtoehtoja hiilijalanjäljen pienentämiseksi .....	31
6	Loppupäätelmä .....	32
	Lähteet.....	33

Liitteet

Liite 1

## 1 Johdanto

Rautatieliikenne on yksi Suomen merkittävimmistä logistisista infrastruktuureista. Suomen rautatieverkon pituus vuonna 2018 on 5926 kilometriä, josta noin 3330 kilometriä on sähköistetty. Vuonna 2022 valtion rautateillä kulki yhteensä 446 257 junaa.

Tavaraliikennettä tästä oli 80 820 junan verran ja kaukoliikennettä 65 646 junaa.

Lähiliikenne Suomessa on selvästi vilkkain ja sen osuus oli 299 791 vuoden junista.

Lähiliikenne kattaa siis 67,2 prosenttia valtion rautatie liikenteestä. (Fintraffic, 2022) Valtio käyttää tämän rataverkoston kunnossapitoon vuosittain noin 200 miljoonaa euroa. (Väylä, 2021)

Henkilömäärä suomen rataverkolla on kasvussa koronavuosien jälkeen. Ennen pandemiaa matkustajaliikennemäärät olivat noin 85–90 miljoonan myydyin matkan luokkaa, josta ne tippuivat 55–60 miljoonan myytyyn matkaan vuosille 2020 ja 2021. Nyt rautatieliikenne on hieman elpynyt ja vuonna 2022 myytyjä matkoja oli jo 76 miljoonaa.

Rataverkon tärkeyden sekä suuren liikennemäärän takia siihen halutaan panostaa ja parantaa verkostoa jatkuvasti. Raideosuuksien uusimista sekä asemien nykyaikaistamista tapahtuu ympäri suomen.



Kuva 1. Uutta radanpohjaa. Tässä kohtaa on vaihdettu pelkästään tukikerros. Alue odottaa viimeisen raiteen pohjasepelöintiä ja päällysrakenteen rakentamista.

Rata-infran rakentamisen päästöt koostuvat pääosin materiaaleista. Tästä syystä on tärkeää, että niiden käytöstä syntyviä päästöjä tutkitaan, sekä pyritään vähentämään. Rautateillä kulkeva joukko- ja tavaraliikenne on liikuntamuotona ympäristöystävällinen, mutta kaikki parannukset ja uuden rakentaminen tuottaa kasvihuonekaasupäästöjä. Vuonna 2021 rautatieliikenne päästi vain 70 tuhatta tonnia hiilidioksidipäästöjä, joka on kolmanneksi matalin saastuttaja vesistö- ja lentokoneliikenteen jälkeen. (Traficom. 2021)

Tämä työ keskittyy hiilijalanjäljen laskemiseen ratapihahankkeen osalta. Työssä tutkitaan pääsääntöisesti maarakentamisesta syntyneitä päästöjä. Tarkoituksena on tutkia mistä päästöt koostuvat. Selvittää onko niitä mahdollista vähentää tekemällä erilaisia logistisia ratkaisuja, sekä materiaali valinoilla, että materiaalien kierrätyksellä.

## 2 Teoriaosuus

### 2.1 Tietoa projektista JOERA

JOERA eli Joensuun ratapihanparannushanke käsittää Joensuun aseman uusimisen sekä ratapihan jatkamisen. Parannushankkeen aikana uusitaan aseman henkilölaiturit. Vanhat matalat laiturit korvataan korkeilla laitureilla junaan esteettömän pääsyn mahdollistamiseksi. Esteettömästi pääsee myös välilaiturille, jonka mahdollistaa uusi ylikulkusilta raiteiden yli. Ylikulkusilta on varustettu hisseillä liikuntarajoitteisia huomioon ottaen.



Kuva 2. Kuvassa Joensuun asemalle rakennettua sivulaituria. Kuva otettu uudelta ylikulkusillalta

Ratapihaa pidennetään 250 metriä etelään päin, sekä lisäämällä noin kilometrin mittainen liikenteenhoitoraide. Ratapiha-alueen asumisviihtyisyyttä lisätään rakentamalla meluseiniä, joita tulee yhteensä kahdeksan kappaletta ja meluvalleja neljä kappaletta. Ratapihan toimivuutta parannetaan rakentamalla uudet turvalaitteet, sähköiset vaihteet ja radan geometriaa muutetaan sulavammaksi. Joensuuhun rakennetaan uusi tietokoneasetinlaite

mikä mahdollistaa ratapihan etäohjauksen. Uudistus poistaa ratapihaohjaajien tarpeen, joka vähentää inhimillisen virheen riskiä. Lisää turvallisuutta tuo uusittu valaistus koko ratapihan osalta. Vanhat valonheitinmastot puretaan ja uudet mastot uudelleen sijoitetaan ja varustetaan nykyaikaisilla energiaa säästävillä LED-valonheittimillä. VAK (vaarallisten aineiden kuljetus) -ratapiha uusittiin ja sinne asennettiin uusi sammutusvesijärjestelmä. Koko projektialueelle tehdään kuivatuksen uusinta, josta hulevedet johdetaan Pyhäselkään tai Pielisjokeen.

Parannushanke sujuvoittaa ja nopeuttaa yhteyksiä, sekä tuo alueelle mahdollisuuksia kasvaa isommaksi kaupunkikeskittymäksi. Parannukset tuovat säästöä ylläpidon ja liikenteen kustannuksiin 3,3 miljoonaa euroa vuodessa. Koko hankkeen kustannukset ovat noin 77 miljoonaa euroa. (Väylä, 2021)

## **2.2 Hiilijalanjälki ja sen merkitys ympäristölle**

Hiilijalanjälki on luku, joka määritetään laskemalla tuotteen tai palvelun tuottamisesta, kuluttamisesta ja hävittämisestä koostuva kasvihuonekaasujen määrä. Luku kuvaa kuinka paljon kasvihuonekaasuja syntyy massana ja ilmoitetaan yleensä kilogrammoina tai tonneina. (Fortum, 2020) Tunnuksena hiilijalanjäljelle käytetään CO<sub>2</sub>e määrettä. Koska kasvihuonekaasuja on useampi, käytetään hiilijalanjäljen ilmoittamisessa hiilidioksidin ekvivalenttia lukua. Tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi metaanikaasusta saadaan hiilidioksidille ekvivalentti luku käyttämällä kerrointa. Kertoimien käyttö johtuu siitä, että eri kasvihuonekaasujen lämmityspotentiaalit ovat eriarvoiset. (Moprim, 2022)

Kasvihuonekaasut aiheuttavat ilmaston lämpenemistä. Tämä johtuu siitä, kun kasvihuoneilmiössä ilmakehän kaasut imevät itseensä maasta nousevaa lämpösäteilyä ja heijastaa sitä takaisin maanpintaa kohti. Lämpö ei siis pääse karkaamaan normaalilla tasolla avaruuteen, vaan kohonneet kasvihuonekaasu pitoisuudet ilmakehässä aiheuttaa ilmaston lämpenemistä. Kasvihuoneilmiö on täysin luonnollinen ilmiö, jota tapahtuisi maapallolla ilman ihmisiäkin. Ihmiset ovat kuitenkin omilla toimillaan lisänneet kasvihuoneilmiötä. (Esa Härmä. 2013)



Rakentamisen osuus kasvihuonekaasuissa on Suomessa verrattain pieni.

Tilastokeskuksen mukaan Suomen kasvihuonekaasujen CO<sub>2</sub>e määrä oli noin 49,4 miljoonaa tonnia vuonna 2020. Tästä määrästä rakentamisen osuus on noin 1,6 miljoonaa tonnia, joka vastaa 3,24 prosenttia. Verrattuna esimerkiksi kuljetuksen ja varastoinnin osuutta kasvihuonepäästöihin, jotka kattavat maa-, vesi- ja ilmaliikenteen sekä varastoinnin. Näillä toimialoilla vastaava luku on 7,35 miljoonaa tonnia, mikä puolestaan on 14,88 prosenttia Suomen kokonaispäästöistä. (Tilastokeskus, 2020)

Suomessa ollaan pyrkimässä hiilineutraalisuuteen vuoteen 2035 mennessä. Tämä tavoite tuli Sanna Marinin hallitusohjelman myötä 2019. Suomi aikoo päästä tavoitteeseen vähentämällä päästöjä ja samalla lisäämällä hiilinielua. (Ympäristöministeriö, 2022)

Vuonna 2008 Suomen kokonaiskasvihuonepäästöt olivat noin 75,5 miljoonaa tonnia, joten hieman yli kymmenessä vuodessa ovat päästöt tippuneet jo 26,1 miljoonaa tonnia.

(Tilastokeskus, 2020) Hallitus on linjannut pyrkivänsä pienentämään myös rakentamisen hiilijalanjälkeä 2030-luvun loppuun mennessä. Rakentamisen hiilijalanjälki on pysynyt vuosina 2008–2020 suhteellisen samana. (Valtioneuvosto, 2019)

### **2.3 Infrarakentamisen materiaalitehokkuus**

Infrarakentamisen materiaalitehokkuuteen ja kierrätykseen on vuonna 2019 tehty asiaa käsittelevä RT 103063 kortti. Kortti käsittelee yleisimmät jätehuoltoon liittyvät seikat sekä lainsäädännöstä johtuvat velvoitteet. Ohjeessa kerrotaan, kuinka infrarakentamisesta syntyvää jätettä voidaan vähentää sekä materiaalitehokkuutta parantaa. Rakentamisesta kertyi vuonna 2016 hieman alle 14 miljoonaa tonnia jätettä. Suurin osa tästä määrästä on mineraalipohjaisia jätteitä, kuten maa- ja kiviainekset. Maa-aineksista koostuva jätelajin osuus kokonaisuudesta on selvästi suurin. Mineraalijätteiden lisäksi merkittävässä määrin jätettä tulee puusta, metallista ja lasista. Muita rakennusjätteitä tulee myös, mutta ne ovat pieniä suhteessa kokonaisjättemäärään. (RT 103063)

### 2.3.1 Kierrätys

2008 julkaistiin EU direktiivi, joka määräsi jäsenmaansa nostamaan rakennus- ja purkujätteen kierrätysasteen 70 prosenttiin vuoteen 2020 mennessä. Tässä tavoitteessa on kuitenkin ollut haasteita ja Ympäristöministeriö arvioi tuon asteen olevan Suomessa noin 50–60 prosentin luokkaa. Huomattakoon vielä, ettei direktiivi koske maa- ja kiviainesjätettä, jota on valtaosa kaikesta rakennusjätteestä. (Revisol, 2022) Parhaiten uudelleen käytettävistä rakennusjätteistä ovat betoni-, metalli- ja asfalttijäte. Suomessa purkubetonista kierrätetään noin 70–80 prosenttia ja se käytetään maarakentamisessa täyttömaina tai tierakenteissa. Betonimurskeella on hyvät lujitusominaisuudet, sillä teiden, katujen ja kenttien pohjarakenteissa sitä tarvitaan puolet luonnonkivimateriaalin määrästä. Sekä esimerkiksi remix käsittelyssä vanhaa asfalttia voidaan kierrättää ensin kuumentamalla sitä jysintää varten, jonka jälkeen siihen lisätään uutta asfalttia ja muita sideaineita. Tämän jälkeen se levitetään takaisin tiehen. Tästä tuotteesta jopa 80–90 prosenttia on vanhaa päällystettä. (RT infra, n.d)



Kuva 3. Kiertotalouden edistäminen rakennuksen elinkaaren aikana (Valtioneuvoston Julkaisuja 2021:1)

### 2.3.2 Lajittelu

Valtioneuvoston asetus jätteistä (978/2021, 26 §) mukaan rakennus- ja purkujätteen haltija on järjestettävä keräys seuraaville jätelajeille:

- 1) betoni, tiili, kivennäislaatat ja keramiikka mahdollisuuksien mukaan lajiteltuina jätelajeittain;
- 2) asfaltti;
- 3) bitumi ja kattuhuopa;
- 4) kipsi;
- 5) kyllästämätön puu;
- 6) metalli;
- 7) lasi;
- 8) muovi;
- 9) paperi ja kartonki;
- 10) mineraalivillaeriste;
- 11) maa- ja kiviaines.

Kierrätysmateriaali kannattaa lajitella jo rakennus- tai purkutyömaalla erilleen. Hyvällä lajittelulla voidaan parantaa jätteen korkealaatuista ja tehokasta kierrätystä. Osan jätteistä voi myös kerätä samaan keräykseen ja viedä lajittelulaitokseen eroteltavaksi. Tässä pitää muistaa, ettei yhteiskeräys saisi heikentää jätteen laatua ja vähennä mahdollisuutta muuhun hyötykäyttöön.

Kierrätysvelvoitteesta voidaan kuitenkin jätelain (646/2011, 15 §) nojalla poiketa jos:

- 1) Yhteiskeräys ei heikennä jätteen laatua;
- 2) Erilliskeräys ei johda parhaaseen lopputulokseen, kun otetaan huomioon jätehuollon kokonaisvaikutukset ympäristöön;
- 3) Erilliskeräys ei ole teknisesti toteutettavissa, kun otetaan huomioon jätteen keräyksen hyvät käytännöt;

4) Erilliskeräyksen kustannukset olisivat kohtuuttomat.

### **2.3.3 Esimerkkejä muista hankkeista**

Infrarakentamisessa monesti voidaan hyödyntää joko hankkeen omia kaivuu- tai purkujätteitä hyödyksi, taikka muilta hankkeilta saatua kierrätysmateriaaleja. Esimerkkinä Helsingin Myllypurossa on toteutettu Alakivenpuiston rakentaminen hyödyntämällä rakentamisessa muodostuneita kaivumaita. Alakivenpuistoon tuotiin muilta työmailta rakentamisesta tulleita maa-aineksia yli 60 000 m<sup>3</sup>, josta saavutettiin 1 000 CO<sub>2</sub>-tonnin päästövähennys. Tämä resurssiviisas toiminta toi puiston rakentamiseen myös 3,8 miljoonan euron säästön. (Ramboll, n.d)

### 2.3.4 PIMA maat

Infrarakentamisessa tulee vastaan myös pilaantuneita maita (PIMA). Pilaantuneiksi maiksi lasketaan maat, jotka ovat ihmisen toiminasta altistunut haitallisille aineille. Nämä maat ovat vaaraksi ympäristölle, ihmisille ja alueen viihtyvyydelle. Aineiden maahan pääsyyn on monia eri syitä kuten onnettomuudet, pitkän aikajänteen vähäiset päästöt tai aikaisemmat käytännöt haudata maahan pilaantunut maa-aines. Seurauksia voi olla pohjavesien pilaantuminen, vesistöjen saastuminen. Vaikutukset alueella voivat olla havaittavissa vasta pitkän ajan kuluttua esimerkiksi tehdastoiminnan loputtua. Pilaantuneiden maa-aineksien puhdistamista voidaan harjoittaa monin eri keinoin. Ensimmäiseksi pyritään minimoimaan riskit, ettei maaperä saastuisi enempää. Puhdistus menetelmät pohjautuvat joko biologisiin, kemiallisiin tai fysikaalisiin reaktioihin tai niiden yhdistelmä vaikutuksiin. Yleisin puhdistusmenetelmä on kaivaa pilaantunut maa-aines pois ja korvata se uudella puhtaalla maalla. Tämän tyyllisistä puhdistushankkeista koostuu vuosittain 1–2 miljoonaa tonnia pilaantuneiksi maiksi luokiteltua maata. Pilaantuneet maa-ainekset kuljetetaan niille erikoistuneille käsittely alueille, loppusijoitukseen tai hyödynnettäväksi kaatopaikalle.

Pilaantuneen maaperän ja pohjaveden kunnostamisesta on tehtävä PIMA-ilmoitus tai joissain tapauksissa ympäristölupahakemus. Ympäristöviranomaisen antaa päätöksen kunnostamisesta ja asettaa raamit jatkotoimenpiteisiin. (Ympäristö.fi, 2023)

## 3 Opinnäytetyössä käytetyt menetelmät

### 3.1 Laskentaan käytettävä työkalu

OneClick LCA on suomalainen automatisoitu elinkaariarviointiohjelmisto rakennusalalla. Ohjelmistoa käytetään yli 140 maassa ja sitä on käännetty 11 eri kielelle. Se mahdollistaa rakennus- ja infraprojektien hiilijalanjäljen laskemisen ja eri skenaarioiden vertailun. Ohjelmistoon voidaan syöttää tietoja yleisimmistä mallinnus työkaluista ja Excelistä. Ohjelma laskee automaattisesti syötetyistä tiedoista hiilijalanjäljen ja ympäristövaikutukset. One Click LCA kerää yhteen kattavan kirjaston ympäristöselosteita, joista suunnittelija voi vertailla kustannustehokkaita ja vähähiilisiä rakennusmateriaaleja. Ohjelmisto ottaa myös

automaattisesti huomioon rakennuspaikan ja näin käyttää hyödykseen paikallisia materiaalitietopankkeja, sekä huomioi sen alueen energiasta tulevat päästöt.

OneClick LCA tarjoaa työkalun, jolla materiaalivalmistajat luovat tuotteilleen ympäristöselosteita. Tällä työkalulla materiaalivalmistaja luo ammattimaisia selosteita, jotka noudattavat EN 15804 standardia. Tämä on hyvä ratkaisu varsinkin pienemmille materiaalivalmistajille, jotka saavat tuotteensa liitettyä isoihin materiaalipankkeihin ja täten suunnittelijoiden tietoon. Tulevaisuudessa on tavoite saada mahdollisimman monipuoliset materiaalipankit, siten varmistetaan saatavuus parhaimpiin tuotteisiin, jotka ovat paikallisesti tarjolla. (OneClick LCA)

### 3.2 Standardi

Vuonna 2022 European Standards julkaisi standardin EN 17472. Tämä standardi määrittää vaatimukset ja menetelmät maa- ja vesirakennuksen ympäristöllisten, taloudellisten ja sosiaalisten tehokkuuksien arvioimiseksi ottaen samalla huomioon maa- ja vesirakentamiskohteen toimivuus ja tekniset ominaisuudet. (EN 17472)

Ympäristöllisen ja taloudellisen suorituskyvyn arvioiminen perustuu elinkaariarvointiin (LCA), käyttöikäkustannukseen (LCC), elinkaarikustannukseen (WLC) ja muihin määritettyihin ympäristöllisiin ja taloudellisiin informaatioihin. (EN 17472) Standardi on soveltuva käytettäväksi uusiin ja olemassa oleviin maa- ja vesirakennuskohteisiin sekä kunnostuskohteisiin. Ympäristöllinen tehokkuus nojaa ympäristöselosteesta (EPD) saatuihin tietoihin. EPD:tä ohjaa standardi EN 15804. (EN 17472)

Standardin on tarkoitus antaa työkalu maa- ja vesirakentamisen ekologisuuden arvioimiseen ja laskemiseen. Täten voidaan standardin mukaista arviointia ja laskemista käyttää apuna päätöksen tekoon esimerkiksi:

- vertailla ympäristöllistä tehokkuutta eri suunnitelma vaihtoehdoissa
- vertailla parannus- ja uudiskohteiden ympäristöllisiä tehokkuuksia
- parannuspotentiaalin tunnistamiseen

Standardista on apua myös dokumentoinnissa esimerkiksi sertifikaattien osalta ja tehokkuuden ilmoittamiseen laki, rahoitus tai muita vaatimuksia varten.

Standardi jakaa hiilen elinkaaren eri tulokategorioihin. Elinkaari jaetaan kolmeen eri kategoriaan ja kategoriat omiin moduuleihinsa. Kattegoria A koostuu ennen rakentamista ja rakentamisen aikana tapahtuvasta päästöistä. Kattegoria B esittää käytön aikaisen hiilidioksidipäästöjen määrää. Kattegoria C käsittelee purkamisesta, kierrätyksestä ja jätteen prosessoinnista johtuvat päästöt.

Kattegoriat kertovat päästöjen syntylähteen pääpiirteittäin, jonka vuoksi ne ovat jaettu vielä moduuleihin antamaan tarkempaa rajausta. Kattegoriassa A, moduuleita on 5, jotka ovat A1-A5. A1-A3 koostavat päästöt käytettävien tuotteiden synnystä. Tämä tarkoittaa tuotteen materiaalien ja valmistusprosessin hiilidioksidipäästöjen laskentaa. Tulokset kirjataan ympäristötietolähteisiin. A4 moduuli esittää päästöt kuljetuksen osalta. Valmiin tuotteen kuljetus valmistuspaikalta rakennuspaikalle. A kattegorian viimeinen moduuli A5 kuvailee rakennustyömaalla tapahtuvan työn päästöt. Tähän kuuluu valmistelevat työt, kuten työmaan sisäiset kuljetukset, alueen raivailut, työvoiman kuljetukset, tilat ja jätehuollon rakennus. Sekä rakentamisen prosessi käyttöönottoon asti.

Kattegoria B koskee rakennuksen käyttövaihetta. Tässä kattegoriassa otetaan huomioon ympäristölle, taloudellisuudelle ja sosiaaliselle vaikutukselle relevantit tekijät. Kattegoria B on jaettu kahdeksaan moduuliin edeltävän tavoin. B1 moduuli käsittelee rakennuksen käytöstä johtuvat päästöt, jotka ei kuulu seuraavissa moduuleissa eriteltyihin päästöihin. B2 moduuli kattaa rakennuksen normaaleista huoltotoimista aiheutuvat päästöt. B3 moduuliin lisätään korjaustoimista koostuvat päästöt. B4 ja B5 moduulit koskevat vaihto ja peruskorjauksista koostuvia päästöjä. Näihin kuuluu normaalista kulumisesta johtuvat laiterikot tai elementtien ennalta määrätyn eliniän päättymisestä johtuva vaihtotyö. B6 moduulissa tarkastellaan rakennuksen käytöstä johtuvaa energian käyttöä. B7 moduulissa tarkastellaan veden käyttöä. Siinä eritellään tuleva vesi ja poistuva jätevesi, sekä muu suoraan arvioitavan kohteeseen liittyvää vettä. B8 käsittelee käyttäjän infrastruktuurin käyttöä

Kategoria C on elinkaaren loppua käsittelevä ja se jaetaan neljään moduuliin. Sen tarkoitus on käydä läpi hankkeen eliniän päätyttyä purkamisesta viimeistelyyn asti. Moduuli C1 on rakennushankkeen purkamista käsittelevä. Siihen kuuluu kaikki purkamisprosessiin käytettävä kalusto ja resurssit, kuten koneet. C2 moduulissa käsitellään purkujätteen kuljetuksia. Jätteet voidaan kuljettaa kierrätettäväksi, tuhottavaksi, jälleen käytettäväksi tai energia jätteeksi. C3 moduuli on purkujätteen käsittelyä koskeva osio. Siinä lasketaan syntyvät kasvihuonekaasut jätteen prosessoinnista. Tähän kuuluu lajittelu, uudelleen käyttöä vaativat esityöt, kierrätysprosessi ja energiatuotantoon käytettävän jätteen valmistelut. Viimeisenä moduulissa C4 käsitellään jätteen lopputuotteen käyttöä. Moduuli käsittää jätteen neutralisoinnin, polttamisen ja maantäytössä käytettävien prosessien päästöt.



Seuraavat taulukot on lainattu standardista EN 17472.

Taulukko ennen käyttöä vaiheista (moduulit A0-A5)

Elinkaarivaihe	Kustannuskategoria	Esimerkkejä kuluista
Esirakentamis vaihe (A0)	-Materiaali ja energiakustannukset -Palvelujen hinta mukaan lukien kuljetus -Verot ja kulut -Työnvoiman kulut -Tontin maksut -Hankinta/vuokrauskulut -Asiantuntijakulut suunnittelusta -Ylimääräiset ulkoiset kulut	-Infrahankkeen rakentamispaikan maksut -Alueen raivaus -Rakennuslupien hausta johtuneet kulut -Tarjousta edeltävä suunnittelu -suunnittelukustannukset -Maanmuokkauksesta johtuvat kulut -Yhdyskuntatekniikan rakentaminen tontille
Tuotevaihe (A1-A3)	-Materiaalikustannukset -Ulkoiset kulut ja hyödykkeet	-Kokonaiskustannukset tehtaan tuotteista mukaan luettuna verot
Kuljetus työalueelle (A4)	-Kuljetuskustannukset tehtaan ja työmaan välillä	
Rakentamisvaihe (A5)	-Energiakulut -Työmaan sisäisen kuljetusten kustannukset -Verot ja oheismaksut -Jäte ja ylimääräisen materiaalin käsittely -Osto tai vuokraus kulut -Ammattilaisten palkkiot suunnitteluun -Ulkoiset kulut ja hyödykkeet -Tukiaiset ja kannustimet	-Työsuunnittelu projektilla -Tuotteet, työvoima, yhteensovitus, infrastruktuuri, luovutus, vartiointi -Vakuutukset -Verot palveluista esim. ALV -Hankitut yhteistilat urakalle -Urakasta johtuvien liikenneuhkien ja kiertoteiden aiheuttamat kulut

Taulukko käyttö vaiheesta (moduulit B1-B8)

Elinkaarivaihe	Kustannuskategoria	Esimerkkejä kuluista
käyttövaihe (B1)	-Materiaalikustannukset -Palvelujen hinta mukaan lukien kuljetus -Verot ja maksut (kulut tai saatavat) -Työnvoiman kulut -Vuokrauskulut tai hyödyt -Ylimääräiset ulkoiset kulut	-Vedenkäsittelylaitoksen käyttämät tuotteet -Toimitilajohtaminen -Vakuutuskulut -Turvallisuus ja muut tarkastukset -Hinnat, paikallismaksut ja ympäristöverot käyttäjän saatuna tai maksettuna -Tukiaiset vedenpuhdistuksesta saatuna -Tulot liittyen uusiutuvan energian, päästöjen ja energiatehokkuutta parantavista toimista
Ylläpito (B2)	-Materiaali kustannukset -Ulkoiset kulut ja hyödykkeet -Palvelujen hinta mukaan lukien kuljetus -Työvoiman kulut -Verot ja maksut -Vuokrauskulut	-Siivouksesta johtuvat kulut -Katujen sulattaminen suolalla
Korjaus (B3)	-Materiaali kustannukset -Ulkoiset kulut ja hyödykkeet -Palvelujen hinta mukaan lukien kuljetus -Työvoiman kulut -Jätehuolto -Verot ja maksut -Vuokrauskulut	-Teiden uudelleenpäällystys -Pienet korjaukset ja vaihtamiset
Vaihtaminen (B4)	-Materiaali kustannukset -Ulkoiset kulut ja hyödykkeet -Palvelujen hinta mukaan lukien kuljetus -Työvoiman kulut -Jätehuolto -Verot ja maksut -Vuokrauskulut	-Esim. teiden valaisinjärjestelmien vaihtaminen -Suurten järjestelmien ja komponenttien vaihtaminen
Kunnostus (B5)	-Materiaali kustannukset -Ulkoiset kulut ja hyödykkeet -Palvelujen hinta mukaan lukien kuljetus -Työvoiman kulut -Jätehuolto -Verot ja maksut -Vuokrauskulut	

Käytöstä johtuva energian käyttö (B6)	-Energiakulut ja hyödykkeet	-Normaaliin teknisten järjestelmien käyttöön tarvittava polttoaine ja sähkö. (lämmitys, jäähdytys, virta)
Vedenkäyttö (B7)	-Veteen liittyvät maksut ja hyödykkeet	-Tulo- ja jätevesimaksut
Käyttäjien käyttö (B8)	-Ulkoiset kulut ja hyödykkeet	-Teiden käytöstä johtuva polttoaineen kulutus

#### Käyttöiän loppu vaihe (moduulit C1-C4)

Elinkaarivaihe	Kustannuskategoria	Esimerkkejä kuluista
Purkamisvaihe (C1)	-Materiaalikustannukset -Palvelujen kulut -Verot ja kulut -Työnvoiman kulut -Vuokrauskulut -Ulkoiset kulut -Tukiaiset ja kannustimet	-Elinkaaren loppukatsaus ja purkusuunnitelma -Alueen jälleenrakentaminen sopimusten mukaiseen kuntoon -Tontin siivoaminen
Kuljetus (C2)	-Kuljetuksen kulut	-Tontilla tapahtuvat kuljetukset ja materiaalien välivarastointi
Jätteen prosessointi uudelleen käyttöön, kierrätykseen tai hyötykäyttö (C3)	-Materiaalikustannukset -Palvelujen kulut -Verot ja kulut -Jätehuolto -Työnvoiman kulut -Vuokrauskulut -Ulkoiset kulut -Tukiaiset ja kannustimet	-Verot hyödykkeistä ja palveluista -Kustannukset uudelleen käytöstä, kierrätyksestä, energian talteenotto hyötykäyttöön menneistä materiaaleista kuten metallit, runkoaineet, puu, muovi yms.
Käsittelyvaihe (C4)	-Materiaalikustannukset -Palvelujen kulut -Verot ja kulut -Jätehuolto -Työnvoiman kulut -Vuokrauskulut -Ulkoiset kulut -Tukiaiset ja kannustimet	-Kaatopaikka ja käsittelykustannukset

Kierrätys (D)	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Tulot myydystä maasta</li> <li>-Korvaukset kierrättämisestä</li> <li>-Korvaukset tuotetusta energiasta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Liikevaihto maan myynnistä</li> <li>-Tulot uudelleen käytöstä, kierrätyksestä, energian talteenotto hyötykäyttöön menneistä materiaaleista kuten metallit, runkoaineet, puu, muovi yms.</li> <li>- Tuotot energian myynnistä esim. vesivoimalaitokset</li> </ul>
---------------	---	--

### 3.3 Käytettävät ympäristötietolähteet

Ympäristövaikutusten tietokantoja on useita, ja seuraavassa osiossa käydään läpi muutama yleinen tietokanta. Niiden avulla on mahdollista saada tieto yksittäisen tuotteen hiilidioksidipäästöt.

#### 3.3.1 CO2data

CO2data on tietopankki panoslaskennan pohjalle perustuvasta päästölaskennasta. CO2data on kaikille avoin, sen avulla päästötiedot ja päästölaskennan läpinäkyvyys on mahdollista kaikille. "Tietokanta tulee avoimesti käytettäväksi infra-alan toimijoille ja laskentaohjelmistoille avoimen käyttöliittymän ja rajapinnan kautta, ja sitä voidaan hyödyntää myös laajemmin infrarakentamisen päästölaskennassa", kertoo kehityshankkeen projektipäällikkö Karoliina Saarniaho. "Tulevia käyttäjiä ovat esimerkiksi suunnittelijat, rakennuttajat ja urakoitsijat. Tavoitteena on, että tietokannan avulla voidaan tehdä tyypillisten infrahankkeiden elinkaarilaskenta olennaisimpien panostietojen pohjalta." (Väylävirasto 2023.)

CO2data jakaantuu kahteen eri osioon, toisessa käsitellään rakentamisen (CO2data.fi/rakentaminen) ja toisessa infrarakentamisen (CO2data.fi/infrarakentaminen) päästöjä. Tietopankissa on jo yli tuhannen eri materiaalin päästöt. Päästöt ovat jaoteltu kohteen mukaan kuten maa-aineksien päästöt kilogrammaa kohden tai rataiskot metriä kohden. Tietopankki antaa selkeää helposti luettavaa tietoa, yhdestä selkeästä paikasta. (hiilineutraalisuomi.fi)

Infrarakentamisen CO<sub>2</sub>-päästötietokanta on osa laajempaa Väyläviraston päästölaskenta projektia, kehitystyö ylittää valtakunnanrajat ollessa yhteistyössä muiden pohjoismaiden kanssa. Päästötietokanta laaditaan Suomen ympäristökeskuksessa (SYKE) ja on väyläviraston tilaama. (Väylävirasto 2023)

### 3.3.2 EPD

EPD eli Environmental Product Declaration tarkoittaa ympäristöselostetta ja on vapaaehtoinen, luotettava ja standardoitu tapa esittää tuotteen elinkaarianalyysi. Käytännössä se tarkoittaa, että tuotteen ympäristövaikutukset on koottu ja laskettu raaka-ainehankinnoista loppusijoituskohteeseen saakka. Ympäristöselosteen luonti tuotteelle on valmistajan vastuulla. Tuotteilla, joilla luotuna ympäristöseloste on suurempi arvostus markkinoilla kuin tuotteilla, joilla sitä ei vielä ole. EPD korostaa tavarantoimittajien omaa panosta ympäristötalkoissa ja osoittaa vastuullisuutta. (NCC. 2023)

EPD laaditaan aina standardin EN 15804 mukaan, joka on eurooppalaisessa standardissa esitettävä rakennustuotteiden ja rakennuksen oheispalveluiden tyyppi III ympäristöselosteiden laadinnan yleissäännös. (SFS, 2019) Sekä ISO 4025 mukaan. Standardin mukaan tehty EPD on luotettava sillä sitä tehdessä tiedot ovat tarkkoja, ajan tasalla sekä asiaansa hyvin kuvaavia. Ympäristöseloste on voimassa myöntämispäivästä viisi vuotta.

## **4 Opinnäytetyön toteutus: menetelmät ja prosessit**

### **4.1 Opinnäytetyön tekemisen prosessi**

Opinnäytetyön tekeminen aloitettiin perehtymällä hiilijalanjäljen laskentaan ja hiilen elinkaareen. Tietojen pohjalta aloitettiin etsimään asianmukaisia lähteitä ja kirjoittamaan työn teoriaosuutta. Laskennan tekeminen alkoi luomalla rajaus tehtävään työhön. Rajauksen puitteissa kerättiin tarvittavat tiedot projektilta. Tietojen keräyksen jälkeen ne syötettiin OneClick LCA ohjelmaan. Ohjelmasta saadut tiedot analysoitiin ja luotiin yhteenvedot. Lopuksi käsitelimme tulokset.

### **4.2 Tiedon keräys C7 ja seurantataulukot**

C7 on NRC Groupin käyttämä ohjelmisto kulujen ja tulojen valvontaan. Sinne kerätään muun muassa toteutuneet työtunnit, maa-aineksien sekä muitten tavaroiden tilaukset. Ohjelma on tärkeä projektien hallinnan kannalta ja antaa kokonaiskuvaa sen tulovirrasta. Ohjelmasta on otettu aliurakoitsijoiden työkone tunnit.

Seurantataulukoita ylläpitää tekniikkalajien vastaavat. Nämä taulukot auttavat seuraamaan toteumaprosentteja työvaiheista ja materiaalimenekkejä. Näitä taulukoita olemme käyttäneet rakennuskausien 2021 ja 2022 toteutuneiden materiaalien laskentaan sekä rakennuskauden 2023 ennusteiden tekoon. Taulukot ovat pääsääntöisesti Excel pohjaisia.

### **4.3 Laskenta OneClick LCA ohjelmistolla**

Hiilijalanjäljen laskenta tehdään OneClick LCA ohjelmistolla. Sinne syötetään tiedot käytetyistä materiaaleista sekä tehdyistä työtunneista. Valikosta valitaan omiin kohtiinsa sopiva työkone tai materiaali käytetylle työosalle. Ohjelma laskee kattavasti tuotteen päästöt käyttäen tuotteesta tehtyä EPD-tietokantaa. Ohjelmistossa on useiden eri maiden EPD:t ja täten sovelias laskenta työhön ympäri maailmaa.

#### 4.4 Laskennan rajaus

Projektin hiilijalanjäljen laskenta muodostuu toteutuneista työtunneista ja tehdyistä töistä, sekä tilatuista maa-aineksista saatuihin arvoihin vuosilta 2021 ja 2022. Laskentaa on pyritty rajaamaan sisällyttäen pääsääntöisesti maarakennuksen, sekä päällysrakennuksen työt. Lisäksi laskemme skenaarion mikä pohjautuu tulevan rakennuskauden 2023 ennusteisiin. Ennusteen päästöt perustuvat suunnitelmiin, tilattuihin maa-aineksiin ja arvioon konetyötunneista.

Toteumiin perustuvassa laskennassa on huomioitu:

- Tela- ja pyöräalustaisen kaivinkoneen työtunnit.
- Kuorma-auton ja pyöräkoneiden työtunnit.
- Projektissa käytetyt maa-ainekset eriteltyinä omiin maalajeihinsa.
- Uusittava työalueen kuivatus salaoja- ja betonirumpuineen.
- Uusittavat päällysrakenteet
- Asfaltointi ja laiturialueen kivetys.
- Routaeristyslevyt.
- Kaapeloinnissa käytetyt muoviset suojaputket.
- Maamassoista rakennettavat meluvallit

Koneiden päästöarvoina on käytetty keskikokoluokan koneita, koska alihankkijoilla oli sekä suurta että pienikokoista kalustoa eri työtehtävissä.

Laskennasta ulkopuolelle jäävät rakenteet ovat:

- Työalueelle rakennettavat uudet rakennukset kuten uusi asetinlaiterakennus ja uusi ylikulkusilta hisseineen
- Sammutusvesijärjestelmä kokonaisuudessaan
- Vahvavirta työt, johon kuuluu muun muassa valaistus ja virransyöttö.
- Turvalaitteet, joihin kuuluu opastimet ja junakulunvalvontaan liittyvät elementit.
- Meluseinät perustoineen
- Laskennan ulkopuolelle jää myös henkilötyötunnit ja projektinjohdosta koostuvat päästöt.
- Kuorma-autojen joutokäynti maanajojen välissä, laskennan epätarkkuuden vuoksi

- Pientyökoneet kuten maantiivistäjät
- Tuentakoneen päästöt
- Työmaan käyttämä sähkö ja vesi

Työ on niin sanottu rautalankamalli maan- ja päällysrakennuksen päästöistä tarvikkeineen sekä työkoneineen. Siitä saa käsityksen mistä päästöt koostuvat ja miten ne jakautuvat. Täten se on verrattavissa myös pienempiin hankkeisiin, jos määrät suhteuttaa projektin kokoon.




Työssä hiilijalanjäljen laskentaan vaikuttavat standardin tulokategoriat ovat seuraavat:

Elinkaarivaihe	Kustannuskategoria	Esimerkkejä kuluista
Esirakentamis vaihe (A0)	-Materiaali ja energiakustannukset -Palvelujen hinta mukaan lukien kuljetus -Verot ja kulut -Työnvoiman kulut -Tontin maksut -Hankinta/vuokrauskulut -Asiantuntijakulut suunnittelusta -Ylimääräiset ulkoiset kulut	-Infrahankkeen rakentamisaikojen maksut -Alueen raivaus -Rakennuslupien hausta johtuneet kulut -Tarjousta edeltävä suunnittelu -suunnittelukustannukset -Maanmuokkauksesta johtuvat kulut -Yhdyskuntatekniikan rakentaminen tontille
Tuotevaihe (A1-A3)	-Materiaali kustannukset -Ulkoiset kulut ja hyödykkeet	-Kokonaiskustannukset tehtaasta tuotteista mukaan luettuna verot
Kuljetus työalueelle (A4)	-Kuljetuskustannukset tehtaasta ja työmaalle välillä	
Rakentamisvaihe (A5)	-Energiakulut -Työmaan sisäisen kuljetusten kustannukset -Verot ja oheismaksut -Jäte ja ylimääräisen materiaalin käsittely -Osto tai vuokraus kulut -Ammattilaisten palkkiot suunnitteluun -Ulkoiset kulut ja hyödykkeet -Tukiaiset ja kannustimet	-Työsuunnittelu projektilla -Tuotteet, työvoima, yhteensovitus, infrastruktuuri, luovutus, vartiointi -Vakuutukset -Verot palveluista esim ALV -Hankitut yhteistilat urakalle -Urakasta johtuvien liikenneuhkien ja kiertoteiden aiheuttamat kulut
Vaihtaminen (B4)	-Materiaali kustannukset -Ulkoiset kulut ja hyödykkeet -Palvelujen hinta mukaan lukien kuljetus -Työnvoiman kulut -Jätehuolto -Verot ja maksut -Vuokrauskulut	-Esim teiden valaisinjärjestelmien vaihtaminen -Suurten järjestelmien ja komponenttien vaihtaminen

Kunnostus (B5)	-Materiaali kustannukset -Ulkoiset kulut ja hyödykkeet -Palvelujen hinta mukaan lukien kuljetus -Työvoiman kulut -Jätehuolto -Verot ja maksut -Vuokrauskulut	
Purkamisvaihe (C1)	-Materiaalikustannukset -Palvelujen kulut -Verot ja kulut -Työvoiman kulut -Vuokrauskulut -Ulkoiset kulut -Tukiaiset ja kannustimet	-Elinkaaren loppukatsaus ja purkusuunnitelma -Alueen jälleenrakentaminen sopimusten mukaiseen kuntoon -Tontin siivoaminen
Kuljetus (C2)	-Kuljetuksen kulut	-Tontilla tapahtuvat kuljetukset ja materiaalien välivarastointi
Jätteen prosessointi uudelleen käyttöön, kierrätykseen tai hyötykäyttö (C3)	-Materiaalikustannukset -Palvelujen kulut -Verot ja kulut -Jätehuolto -Työvoiman kulut -Vuokrauskulut -Ulkoiset kulut -Tukiaiset ja kannustimet	-Verot hyödykkeistä ja palveluista -Kustannukset uudelleen käytöstä, kierrätyksestä, energian talteenotto hyötykäyttöön menneistä materiaaleista kuten metallit, runkoaineet, puu, muovi yms.
Käsittelyvaihe (C4)	-Materiaalikustannukset -Palvelujen kulut -Verot ja kulut -Jätehuolto -Työvoiman kulut -Vuokrauskulut -Ulkoiset kulut -Tukiaiset ja kannustimet	-Kaatopaikka ja käsittelykustannukset
Kierrätys (D)	-Tulot myydystä maasta -Korvaukset kierrättämisestä -Korvaukset tuotetusta energiasta	-Liikevaihto maan myynnistä -Tulot uudelleen käytöstä, kierrätyksestä, energian talteenotto hyötykäyttöön menneistä materiaaleista kuten metallit, runkoaineet, puu, muovi yms. - Tuotot energian myynnistä esim. vesivoimalaitokset

## 5 Tulokset

Projektin rajauksellinen hiilijalanjälki vuosilta 2021–2022 on 6 081 tonnia CO<sub>2</sub>e. Tämä vastaa Suomessa tapahtuvasta rakentamisesta koostuvista päästöistä vain 3,8 promilleyksikköä. Laskennasta saadut tulokset havainnollistavat infrahankkeen likimääräisiä päästöjä ja mistä ne muodostuvat. Seuraavassa osiossa tarkastelemme laskennan tuloksia ja pohdimme mitä toimia voidaan tehdä päästöjen pienentämiseksi.

 6 081 Tonnia CO<sub>2</sub>e

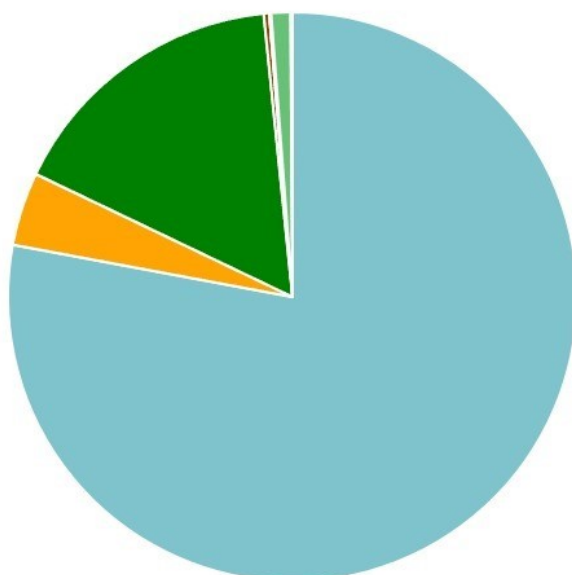
▼ Tulokset

**Hiilen Elinkaari, EN 15804+A1** [Lataa tulosten yhteenveto](#)

Tuloskategoria	Ilmaston lämpeneminen kg CO <sub>2</sub> e
A1-A3 Tuotevaihe	4 738 566
A4-full Liikkuminen	254 368
A5 Rakennusprosessi	989 816
B1  Käyttövaihe	
B2 Huolto	
B3 Korjaus	
B4-B5 Osien vaihto ja peruskorjaukset	25 111
B6 Energian käyttö	
B7 Veden käyttö	
B8 Käyttäjän infrastruktuurin käyttö, per vuosi	
C1-C4  Elinkaaren loppu	72 864
D  Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset (ei mukana summarivillä)	-1 329 477
<b>Yhteensä</b>	<b>6 080 725</b>

Kuva 4. Kokonaispäästöt hankkeen hiilijalanjäljen laskennasta vuosilta 2021 ja 2022.

## Ilmaston lämpeneminen kg CO<sub>2</sub>e - Elinkaaren vaiheet

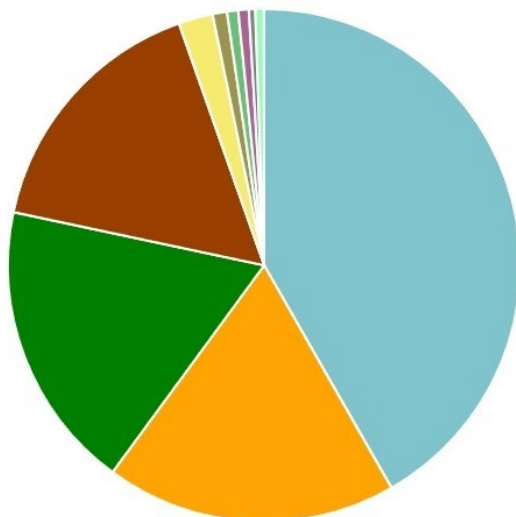


Kuva 5. Hiilidioksidi päästöjen jakauma elinkaaren tulokategorioiden mukaan.

Tutkimuksen tulos ja hiilijalanjäljen jakautuminen on yhtenevä aiempaan tutkimustietoon eli isoimman osuuden muodostavat materiaalit. Ympyrägraafista saadaan selville elinkaaren tuotevaihe ja rakennusprosessi olevan pääsääntöisiä kasvihuonekaasujen lähteitä. Laskenta perustuu maa- ja päällysrakenteisiin, ovat jäte osiot huomattavasti pienemmät. Maa- päällysrakenne puolella tällä projektilla tehty purkutöitä hyvin vähän ja suurin osa kaivetuista maista on saatu hyötykäyttöön projektin sisällä tai ajettu maankaatopaikalle tai muualle hyötykäyttöön. Tästä syystä jätettä ei ole laskennan mukaan kertynyt. Ajosiirtymät on huomioitu laskennassa kuorma-autojen tunteina.

## Ilmaston lämpeneminen kg CO<sub>2</sub>e - Resurssityypit

Napsauta kaavion osiota nähdäksesi sen yksityiskohdat



Kuva 6. Hiilidioksidipäästöjen resurssityypit.

Resurssittain suurimmat päästönlähteet ovat maa-ainekset, betoniset ratapölkkyt, koneiden käyttö sekä kiskot. Kuivatusrakenteet ja routaeristeet toivat vain pienen osan kokonaispäästöistä.

## 5.1 Ennuste vuodelle 2023

Rakennuskauden 2023 päästöennuste pitää sisällään kiskot, ratapölliit, ennakkotilatut maa-ainekset sekä arvioidut kaivinkone sekä pyöräkone työtunnit.



Kuva 7. Lämpenemispotentiaali kuvaaja

Ilmaston lämpenemispotentiaali (Global Warming Potential, GWP) kuvaajasta nähdään kahden edellisen vuoden hiilidioksidipäästöt olevan noin 60 % luokkaa kokonaismäärästä. Ennusteen epätarkkuudesta huolimatta päästölaskut 2023 vuodelle ovat linjassa kahden edellisen vuoden päästöihin.

Ennusteessa oleva kokonaispäästö maa- ja päällysrakenteelle on 9 817 tonnia CO<sub>2e</sub>.

## 5.2 Vaihtoehtoja hiilijalanjäljen pienentämiseksi

Hiilijalanjäljen pienemiseen voidaan vaikuttaa paremmilla logistisilla ratkaisuilla sekä materiaalin hyötykäytön lisäämisellä. Käytetään paikallista tai lähikuntien osaamista hyödyksi. Tämä ei aina ole se taloudellisesti kannattavin ratkaisu, koska kilpailu hankkeille töihin pääsystä on kovaa sekä tarjouksia tulee ympäri suomea. Siirtymät tuovat taakkaa ympäristölle, kun kalustoa kuljetetaan pitkiäkin matkoja. Soramonttujen sijaintiin on mahdotonta vaikuttaa, mutta olisi hyvä pyrkiä ostamaan maa-ainekset lähialueen montuilta. Hankkeissa saatetaan käyttää sellaisia kivilajeja, joita ei välttämättä paikalliset toimittajat voi toimittaa. Näissä tilanteissa päästövähennyksen näkökulmasta katsottuna voi tukeutua lähinnä kaluston kuntoon ja nykyaikaiseen teknologiaan kuljetuskalustossa.

Pääsääntöisesti kaivinkoneissa ja muissa työkoneissa voisi vaatia biopolttoaineita sekä vähäpäästöistä teknologiaa ja täten vähentää koneista koituvia hiilidioksidipäästöjä. Työkoneiden turhaa joutokäyntiä tulisi välttää. Töiden suunnittelussa olisi tärkeää, että työt tehdään keskitetysti samalla paikalla kerralla loppuun eikä siirreltäisi kalustoa turhaan.

Materiaaleista koostuu suurin osa päästöistä, joten niiden käsittelyssä on myös päästövähennys potentiaalia. Mahdollisuuksien mukaan ostaa tuotteet ja maa-ainestilaukset täysin kuormin ja välttää yksittäisten tavaroiden tilaamista. Laskennassa kuljetus aiheutti 4.2 prosenttia päästöistä. Mikä tarkoittaa 255,4 tonnia CO<sub>2</sub>e. Ratakiskot ovat jo nyt 60 prosenttisesti kierrätettyä terästä, lukemaa kasvattamalla päästäisiin vieläkin isompaan säästöön päästöjen osalta. Betoniset ratapöllit olivat yksi suurimmista päästön aiheuttajista. Tässä olisi siis hyvä tilaisuus vähentää päästöjä ja käyttää komposiittisia ratapöllejä. Komposiittiratapöllit eivät ole vielä kovinkaan yleisiä niiden kalliin hankinta hinnan vuoksi.

## 6 Loppupäätelmä

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia ja laskea rautatiehankkeen hiilijalanjälki tarkasteltuna maanrakennuksen sekä päällysrakentamisen näkökulmasta. Tämä työ tehtiin NRC Groupin toimeksiantona osana sen tavoitetta olla hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä. Laskennassa kävi ilmi, että vaikka rautatiet ovat ympäristöystävällinen tapa liikkua, rautatieinfran rakentamisesta syntyy merkittäviä päästöjä. Päästöt konkretisoituvat laskennan edetessä ja esiin nousee selvästi sellaisia osa-alueita materiaaleissa, joista ne pääosin koostuvat. Kehitystyötä tarvitaan edelleen, että nämä niin sanotut pääsaastuttaja materiaalit saataisiin ympäristöystävällisemmäksi ja täten pienennettyä hiilijalanjälkeä.

Hiilijalanjälki sekä ilmastonmuutos ovat nykyajan ongelmia ja niiden painoarvo kasvaa koko ajan niin infranrakentamisessa kuin muualla rakennusalalla. Tästä syystä koimme tärkeäksi avata tämän tyyppisen projektin hiilijalanjälkeä. Tietoisuus päästöistä voi kannustaa urakoitsijoita ja suunnittelijoita toimimaan ympäristöä kohtaan vastuullisemmin valitessaan ympäristöystävällisempiä materiaaleja sekä työmenettelyjä.

Infranhankkeen todellisia hiilidioksidipäästöjä on hankala mitata tarkasti, sillä muuttujia on paljon. Projektissa on jatkuvia haasteita, joita ei voida ennakoida, näistä haasteista koostuu lähes poikkeuksetta lisää hiilidioksidipäästöjä.

Ennusteen luotettavuus on heikko, sillä lisätöitä ja suunnitelmamuutoksia tulee tämän kokoluokan projektissa useita. Se on kuitenkin suuntaa antava laskettujen maamassojen sekä päällysrakenteiden eli kiskojen ja pöllien laskennan tarkkuuden takia.



## Lähteet

- Fintraffic. 2022. Raideliikenne määrät. Verkkosivu. Viitattu 6.5.2023.  
<https://liikennetilanne.fintraffic.fi/tilastot?statistic=railtraffic>
- Fortum. 2020. Mikä on hiilijalanjälki ja miten pienennät sitä? Verkkosivu. Viitattu 13.3.2023. <https://yhdessä.fortum.fi/mika-on-hiilijalanjalki-ja-miten-pienennat-sita>
- Hiilineutraalisuomi.fi. 2022. Infrarakentamisen kansallinen päästötietokanta. Verkkosivu. Viitattu 6.3.2023. [https://www.hiilineutraalisuomi.fi/fi-FI/Tyokalut/Infrarakentamisen\\_paastotietokanta](https://www.hiilineutraalisuomi.fi/fi-FI/Tyokalut/Infrarakentamisen_paastotietokanta)
- Härmä, Esa. 2013. Yhteinen ympäristö. Yläkoulun eBiologia. Siikalatva: e-Oppi
- Moprim. 2022. WHAT IS CO2E? Verkkosivu. Viitattu 13.3.2023.  
[https://www.moprim.com/blog/20220512\\_co2e/](https://www.moprim.com/blog/20220512_co2e/)
- NCC. 2023. EPD eli ympäristöseloste kiviainekselle. Verkkosivu. Viitattu 6.3.2023.  
<https://www.ncc.fi/tarjontamme/kiviainekset/kestava-kehitys-kiviainestoiminnassa/epd/>
- Ramboll. n.d. Kiertotalousajattelulla merkittävät kustannus- ja päästövähennykset infrarakentamisessa. Verkkosivu. Viitattu 17.4.2023.  
<https://fi.ramboll.com/media/artikkelit/kestava-kehitys/kiertotalousajattelulla-kustannus-ja-paastovahennyksia-infrarakentamisessa>
- Tilastokeskus. 2022. Ilmapäästötilinpito. Verkkosivu. Viitattu 13.3.2023.  
<https://stat.fi/tilasto/tilma>
- Traficom. 2021. Liikenteen CO2-päästöt liikennemuodoittain sekä maakunnittain. Verkkosivu. Viitattu 13.3.2023 <https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/liikenteen-co2-paastot-liikennemuodoittain-seka-maakunnittain>
- Valtioneuvosto. 2019. Hiilineutraali ja luonnon monimuotoisuuden turvaava Suomi. Verkkosivu. Viitattu 28.4.2023. <https://valtioneuvosto.fi/marinin-hallitus/hallitusohjelma/hiilineutraali-ja-luonnon-monimuotoisuuden-turvaava-suomi>
- Valtioneuvoston asetus jätteistä 978/8.11.2021, 26 §: Säädos. Viitattu 20.3.2023.  
<https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2021/20210978>
- Väylä. 2021. Rataverkko. Verkkosivu. Viitattu 13.3.2023. <https://vayla.fi/vaylista/rataverkko>
- Väylä. 2021 Infrarakentamisen Co2 päästötietokanta verkkosivu viitattu 5.3.2023  
<https://vayla.fi/-/infrarakentamisen-co2-paastotietokanta-kokoa-tietoa-vaylanpidon-hiilijalanjaljesta>
- Väylä. 2023. Joensuun ratapiha. Verkkosivu. Viitattu 13.3.2023.  
[https://vayla.fi/joensuun\\_ratapiha](https://vayla.fi/joensuun_ratapiha)
- Ympäristö. 2023. Pilaantuneet maa-alueet. Verkkosivu. Viitattu 17.4.2023.  
<https://www.ymparisto.fi/fi/saasteettomuus-ja-ymparistoriskit/pilaantuneet-maa-alueet>
- Ympäristöministeriö. n.d. Vähähiilisen rakentamisen tiekartta. Verkkosivu. Viitattu 13.3.2023. <https://ym.fi/vahahiilisen-rakentamisen-tiekartta>

## Liite 1

## Lähteet

Tietolähde	Profiili	Lähde	Vuosi
Aggregate, from stationary crushing plant	NCC2020	EPD aggregates from Mäntsälä quarry – Ohkola	2020
Aggregate, from stationary crushing plant	NCC2020	EPD aggregates from Mäntsälä quarry – Ohkola	2020
Aggregate, from stationary crushing plant	NCC2020	EPD aggregates from Mäntsälä quarry – Ohkola	2020
Asfaltti, NCC Green Asphalt (AB 16)	NCC_2014	OneClickLCA	2014
Betonirauditus, yleinen	GenMat2018	One Click LCA	2018
Concrete waste and storm water sewer with slope	default5b		
Concrete waste and storm water sewer with slope	default5b		
Concrete waste and storm water sewer with slope	default5b		
Concrete waste and storm water sewer with slope	default5b		
Joinery strip seal	INIES	FDES	2018
Luonnonkivi, katukivi	FinnishGenerics2021	SYKE, CO2data.fi, conservative values, version 1.00.003, 2021-08-23	2020
PP pipes for storm water drainage, double wall	UponorCorporation2022	EPD IQ storm water pipe, range ID (inner diameter) 150 - 1200mm Uponor Corporation	2022
PVC plastic pipe	GenMat2019	One Click LCA	2019
Precast concrete pipe Danish average	Afløbsforeningen2020	EPD Afløbsforeningen	2020
Rail UIC60 (60E1), single side	default9	Adjusted data based on the specifications of the Swedish Transport Administration (Trafikverket).	
Railway sleepers	SpennconnRail2017	EPD JBV54 Sville Produkt Spenncon Rail AS Eier av deklarasjonen	2017
Railway sleepers	SpennconnRail2017	EPD JBV60 Sville Produkt Spenncon Rail AS Eier av deklarasjonen	2017
Rakenneteräs, yleinen	GenMat2018	One Click LCA	2018
Stormwater PVC pipe	default9		
Valmisbetoni, normaali lujuus, yleinen	GenMat2018	One Click LCA	2018
XPS insulation panels	Finnfoam2021	EPD FINNFOAM XPS INSULATION	2021