

Kaupunkiympäristön aineistoja 2026:14

Helsingin kaupungin eräiden infrahankkeiden kustannus- ja päästötiedon analyysi

Helsinki

Kaupunkiympäristön aineistoja 2026:14

Helsingin kaupungin eräiden infrahankkeiden kustannus- ja päästötiedon analyysi

Ramboll Finland Oy: Suvi Ollikainen, Samuli Korhonen, Tero Niemi, Lotta Kamunen, Taavi Dettenborn

Helsingin kaupunki tilasi Ramboll Finland Oy:ltä tämän selvityksen kustannustehokkaimpien päästövähennyskeinojen tunnistamiseksi katu- ja puistohankkeissa. Tavoitteena on kehittää katu- ja puistohankkeiden päästöohjauksen prosessia ja selvittää Infrahankkeiden kustannuslaskentajärjestelmän (Ihkun) ja Suomen ympäristökeskuksen päästötietokannan tietoaineistojen analysoinnin mahdollisuuksia tilaajan ja suunnittelijoiden työssä kriittisten päästölähteiden havaitsemiseksi infrahankkeiden suunnitteluvaiheessa.

Selvityksen laatimiseen ja ohjaukseen ovat osallistuneet:

- Ramboll Finland Oy: Suvi Ollikainen, Samuli Korhonen, Tero Niemi, Lotta Kamunen, Taavi Dettenborn

- Helsingin kaupungilta: Virpi Nikulainen (tilaaja), Jukka Tarkkala, Sari Knuuti, Johanna af Hällström, Petteri Huuska, Heidi Huvila, Mirva Koskinen, Ismo Rantanen, Mikko Suikki, Mikko Suominen, Saana Takamäki ja Satu Talvio.

Kannen kuva | Unto Rautio / My Helsinki -kuvapankki

Julkaisija | Helsingin kaupunki / Kaupunkiympäristön toimiala

Taitto | Otso Alasko / Ramboll Finland Oy

ISBN | 978-952-386-791-8

ISSN | 2489-4257 (verkkojulkaisu)

Sisällys

Tiivistelmä **4**

1 Johdanto **6**

1.1 Helsingin ilmastotavoitteet ja tietotarpeet **6**

1.2 Ihku- ja SYKE-aineistojen yhdistäminen sekä tuloksien hyödyntäminen **6**

1.3 Tutkimuskysymykset **7**

2 Menetelmä ja lähtötiedot **9**

2.1 Ihku-laskennan perustiedot **9**

2.2 Ihku-datan käsittely **10**

2.2.1 Datan keräys ja haku 10
2.2.2 Datan käsittely 10
2.2.3 Datan jalostaminen 12

2.3 Päästövähennyskustannusten laskenta **13**

2.3.1 Syöteaineisto 14
2.3.2 Päästövähennys ja kustannus per panos 14
2.3.3 Panosvalintojen optimointi 14

2.4 Vähähiilisyyden kustannus- ja päästötieto **15**

2.4.1 Vähähiilisten panosten kustannukset 15
2.4.2 Vähähiilisten panosten päästöt 15
2.4.3 Merkittävimmät lähtötietopuutteet panosten vähähiilisyyden ja kustannusten kannalta 16

3 Katuhankkeet **17**

3.1 Tunnusluvut **20**

4 Puistohankkeet **25**

4.1 Tunnusluvut **26**

5 Infrahankkeiden päästö- ja kustannuslähteet **29**

5.1 Katuhankkeet **29**

5.1.1 Materiaalit 29
5.1.2 Elinkaaren vaiheet 29
5.1.3 InfraRYL 30

5.2 Puistohankkeet **35**

5.2.1 Materiaalit 35
5.2.2 Elinkaaren vaiheet 36
5.2.3 InfraRYL 37
5.2.4 Kalusteet puistohankkeissa 41
5.2.5 Valaistus puistohankkeissa 48

6 Katuhankkeiden kustannus- ja päästövähennyspotentiaali **49**

6.1 Tulokset hanketasolla **49**

7 Yhteenveto **57**

8 Jatkotoimenpiteet 58
8.1 Laskentamenetelmien sekä päästö- ja kustannustietojen tarkentaminen 58
8.2 Tiedonkeruun yhtenäistäminen 58
8.3 Tavoitteenasetanta 59
9 Lähteet 60
Kuvailulehti 61
Presentationsblad 62
Description 63

Tiivistelmä

Tässä selvityksessä on analysoitu Ihku-kustannuslaskentajärjestelmän ja Suomen ympäristökeskuksen kansallisen päästötietokannan tietoja sekä tehtyyn markkinakartoitukseen perustuvia materiaalikohtaisia päästövähennysarvioita.

Ihku-laskentapalvelu on Ihku-allianssin kehittämä laskentajärjestelmä infrahankkeiden kustannusten ja päästöjen arviointiin. Ihku-allianssissa kehitetään kustannuslaskentajärjestelmää ja -palvelua, jolla tuotetaan infra-alalle avointa kustannus- ja päästötietoa.

Selvityksen tavoitteena oli tarkastella päästöjen muodostumista Helsingin kaupungin eräissä katu- ja puistohankkeissa ja tunnistaa kustannustehokkaimmat keinot päästöjen vähentämiseksi katu- ja puistohankkeiden suunnitteluvaiheessa

Päästövähennyskustannusten laskentaan kehitetty laskentamalli vertaa tavanomaisia ratkaisuja (BAU, Business As Usual) vähähiilisiin vaihtoehtoihin ja laskee jokaiselle toimenpiteelle rajapuhdistuskustannuksen eli kustannuksen vähennettyä hiilidioksiditonnia kohden.

Ihku-kustannuslaskentajärjestelmän ja kansallisen päästötietokannan tietoja yhdistämällä voidaan muodostaa aiempaa tarkempi kuva infrahankkeiden päästöjen ja kustannusten muodostumisesta. Menetelmä tarjoaa lupaavan pohjan Helsingin kaupungin infrarakentamisen päästöohjaukselle, erityisesti silloin kun tavoitteena on tunnistaa suunnitteluvaiheessa ne rakennusosat, materiaalit ja panosvalinnat, joihin vaikuttamalla voidaan saavuttaa suurimmat ja kustannustehokkaimmat päästövähennykset.

Pohjanvahvistuksilla on merkittävä vaikutus hankkeiden päästömääriin. Pohjanvahvistusta edellyttävät hankkeet ovat päästöintensiivisiä, jolloin päästöt pinta-alaa kohden voivat muodostua yli nelinkertaisiksi verrattuna hankkeisiin, joissa pohjanvahvistuksia ei tarvita.

Tästä syystä myös suurimmat päästö- ja kustannussäästömahdollisuudet keskittyvät juuri vaativiin pohjanvahvistuskohteisiin, kun taas tavanomaisissa perusparannushankkeissa vähennyspotentiaali on rajallisempi.

Katuhankkeiden päästöprofiili on vahvasti materiaalipainotteinen. Yksittäisistä materiaaleista suurimmat kustannukset ja päästöt aiheutuvat teräksestä, betonista, kiviaineksista, metalleista sekä luonnonkivestä. Päästöjä ja kustannuksia tarkasteltaessa InfraRYL pääryhmittäin, suurimmat päästöt ja kustannukset muodostuvat maa-, pohja- ja kalliorakentamisesta. Tähän ryhmään kuuluvat mm. pohjanvahvistukset, maa- ja kallioleikkaukset sekä penkereet ja täytöt. Päällys- ja pintarakenteet aiheuttavat puolestaan toiseksi eniten päästöjä ja kustannuksia.

Puistohankkeiden kustannus- ja päästödata on vajavaisempi, kuin katuhankkeissa ja tämän vuoksi yhtä kattavaa analyysia mm. materiaalivirroista sekä kustannusten ja päästöjen jakautumisesta eri elinkaaren vaiheisiin ei pystytty tekemään. Datan vajavaisuus johtuu SYKE:n päästötietokannan ja Ihkun sisältämistä tietopuutteista. Esimerkiksi kalusteiden päästötietoa molemmissa tietokannoissa on toistaiseksi hyvin vähän ja tämän vuoksi kalusteiden kustannukset ja päästöt rajattiin pois tästä tarkastelusta. Puistohankkeiden osalta tuloksia voidaan kattavimmin tarkastella eri InfraRYL ryhmittäin. Suurimmat päästöt InfraRYL pääryhmittäin muodostuvat maa-, pohja- ja kalliorakentamisesta ja suurimmat kustannukset puolestaan päällys- ja pintarakentamisesta.

Katuhankkeiden päästövähennyspotentiaali ja sen kustannukset vaihtelevat hankkeiden välillä riippuen siitä, onko kyse uudisrakentamis- vai perusparannushankkeesta ja sisältyykö

hankkeeseen pohjanvahvistuksia. Suurin päästövähennyspotentiaali on uudisrakennushankkeissa, joissa tehdään pohjanvahvistuksia ja pienin potentiaali perusparantamishankkeissa, joissa ei tehdä pohjanvahvistuksia.

Selvityksen aineistosta tehdyn mallinnuksen perusteella joidenkin päästövähennysten avulla voidaan laskea kuluja nykyisestä tasosta. Näiden kuluja laskevien toimenpiteiden avulla päästövähennyksiä syntyy 9–48 % riippuen hankkeesta. Halvimpien päästövähennystoimenpiteiden joukossa korostuu asfalttimassojen ja murskeiden vaihtaminen vähähiilisempiin vaihtoehtoihin. Ensimmäiset päästövähennykset ovat usein edullisia tai jopa säästöjä tuovia, mutta maksimaalisten tavoitteiden saavuttaminen vaatii kalliimpia teknologisia ratkaisuja, joiden hinta nousee jyrkästi päästövähennystason kasvaessa.

Tuloksien perusteella voidaan karkeasti arvioida katurakentamisen tunnuslukujen olevan suuruusluokkaa:

- Yleinen katurakentaminen 0,60 kgCO_2e / €
- Perusparannushanke 0,40 kgCO_2e / €
- Uudisrakennushanke, ei pohjanvahvistuksia 0,55 kgCO_2e / €
- Uudisrakennushanke pohjanvahvistuksilla 0,90 kgCO_2e / €

Puistorakentamisen tulosten osalta tunnuslukujen voidaan karkeasti arvioida olevan suuruusluokkaa:

- Yleinen puistorakentaminen 0,36 kgCO_2e / €
- Perusparannushanke 0,36 kgCO_2e / €
- Uudisrakennushanke, ei pohjanvahvistuksia 0,27 kgCO_2e / €
- Uudisrakennushanke pohjanvahvistuksilla 0,59 kgCO_2e / €

Selvityksessä tehty katu- ja puistohankkeiden päästötietojen analysointi osoittautui lupaavaksi strategisen päästöohjauksen keinoksi, vaikka hankkeiden lähtöaineistojen laadussa tunnistettiin merkittäviä haasteita. Erityisesti Ihku-laskelmien määrittelemättömät rivit ja puuttuvat päästötiedot edellyttävät jatkossa tarkempaa ja systemaattisempaa datan syöttämistä. Jotta analyysi palvelisi Helsingin kaupunkia parhaalla mahdollisella tavalla, yleiset markkinatiedot sekä Ihkun ja kansallisen päästötietokannan vakioarvot tulisi jatkossa korvata Helsingin kaupungin hintatasoon ja todellisiin rakentamiskäytäntöihin perustuvilla tiedoilla.

1 Johdanto

1.1 Helsingin ilmastotavoitteet ja tietotarpeet

Helsingin kaupungin tavoitteena on vähentää suoria kasvihuonekaasupäästöjä 85 prosenttia vuoteen 2030 mennessä verrattuna vuoden 1990 tasoon. Tämän lisäksi tavoitteena on saavuttaa nettonolla vuoteen 2040 mennessä. Vuoteen 2024 mennessä päästöt ovat vähentyneet 54 % vertailuvuodesta (Helsingin kaupunki 2024b).

Kunnianhimoisten ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi päätöksenteko vaatii tutkittua tietoa päästövähennysten kustannuksista. Tähän saakka infrahankkeiden vaikutusta ilmastotavoitteiden saavuttamiseen ei ole tarkasti arvioitu. Ihkun ja kansallisen päästötietokannan myötä tilaajilla on tullut mahdollisuus tarkastella infrahankkeiden kustannus- ja päästötietoja aiempaa tarkemmin. Lisäksi uusien rajapintojen yhdistäminen on mahdollistanut kustannus- ja päästöanalyysien lisäksi materiaalipohjaisen analyysin.

1.2 Ihku- ja SYKE-aineistojen yhdistäminen sekä tuloksien hyödyntäminen

Tässä selvityksessä on pilotoitu infrahankkeiden Ihku-kustannuslaskentajärjestelmän ja Suomen ympäristökeskuksen päästötietokannan aineistojen analysointia katu- ja puistohankkeiden hiili-intensiteetin ja kustannustehokkuuden arvioimiseen.

Pilotin tavoitteena oli kehittää katu- ja puistohankkeiden päästöohjauksen prosessia ja selvittää Ihkun ja SYKE:n päästötietokannan tietoaineistojen analysoinnin mahdollisuuksia tilaajan ja suunnittelijoiden työssä. Tämä tietojen analysointi auttaa havaitsemaan suunnittelussa kriittiset päästölähteet. Menetelmän avulla tavoitellaan kokonaiskuvaa, joka auttaa havaitsemaan hankkeiden kriittiset päästölähteet jo suunnittelun aikaisissa vaiheissa ja vertailemaan erilaisia suunnittelu- ja materiaaliratkaisuja tavalla, johon yksittäisten toimenpiteiden tarkastelu ei riitä.

Tässä työssä on kehitetty malli, jonka avulla voidaan arvioida infrahankkeiden panosvalintojen päästövaikutuksia ja päästövähennyskustannuksia. Malli vertaa jokaisen panoksen kohdalle perusratkaisun (BAU, Business As Usual) päästöjä ja kustannuksia vähäpäästöisen vaihtoehdon päästöihin ja kustannuksiin. Päästövähennys ja syntyvä kustannus määritellään BAU:n ja vaihtoehdon erotuksena. Näiden avulla määritellään panosvalintojen kautta tehtävien päästövähennysten marginaalikustannukset per päästötonni.

Helsingin kaupungin infrarakentamisen päästöohjauksen näkökulmasta oleellinen tulos on, että malli voi valita kullekin hankkeelle ja panokselle kokonaisuuden kannalta kustannustehokkaimman vaihtoehdon. Mallin avulla toteutettava optimointi etsii sellaisen yhdistelmän toimenpiteitä, jolla saavutetaan ennalta määritelty päästövähennystavoite mahdollisimman pienellä lisäkustannuksella. Tuloksena saadaan sekä arvio päästövähennysten kokonaiskustannuksesta että priorisointilista hankkeista ja toimenpiteistä, jotka on taloudellisesti järkevintä toteuttaa ensin.

Selvitystyössä tehtiin merkittäviä havaintoja Ihku-järjestelmän ja Syken päästötietokannan aineistojen nykytilasta ja luotettavuudesta. Aineistoissa todettuja puutteita, kuten vääriä päästökertoimia ja Ihku-laskelmien määrittelemättömiä rivejä, käsiteltiin ja korjattiin manuaalisesti. Projektiryhmä oli aktiivisesti yhteydessä Ihku-järjestelmän kehittäjiin ja päivitti päästöarvoja SYKE:n tietokantaan. Vaikka kaikkia projektin aikana tehtyjä muutoksia (Ihku-palveluun tai

päästötietokantaan) ei ole pystytty huomioimaan lopullisissa tuloksissa, antavat esitetyt luvut oikean suuruusluokan ja suunnan tulevalle kustannus- ja päästöohjaukselle.

Tämän työn tulokset mahdollistavat systemaattisen vertailun valittujen katuhankkeiden välillä. Tulokset kertovat missä hankkeissa ja panoksissa on suurin päästövähennyspotentiaali ja mihin rajalliset taloudelliset resurssit kannattaa kohdistaa. Työn tulosten avulla voidaan tunnistaa kustannustehokkaat panosvalinnat päästövähennystavoitteen saavuttamiseksi. Työ tukee hankintakriteerien kehittämistä ja vähähiilisten hankintapäätösten tekemistä infrahankkeiden taloussuunnittelussa. Työtä varten valittu menetelmä on skaalattavissa ja samaa tarkastelutapaa voidaan käyttää yleisesti muissakin infrahankkeissa.

1.3 Tutkimuskysymykset

Työssä käsitellään seuraavia tutkimuskysymyksiä:

- Mistä rakennusosista ja panoksista hankkeiden päästöt ja kustannukset muodostuvat?
- Mitkä ovat katu- ja puistohankkeiden tunnusluvut päästöjen osalta?
- Mitkä ovat päästövähennysten kustannukset tämänhetkisissä infrahankkeissa?
- Mitkä hankkeet ja toimenpiteet tarjoavat päästövähennyksiä matalimmalla kustannuksella?
- Miten tulevaisuuden päästökehitysennusteet vaikuttavat infrahankkeiden päästöihin ja kustannuksiin?

Alla on koottu Helsingin ilmastotavoitteiden asetannan ja seurannan osalta projektiryhmälle esitettyjä kysymyksiä ja vastauksia, joihin selvitystyö vastaa.

Mitä ovat Helsingin infrarakentamisen kokonaispäästöt?

Tämän työn yhteydessä ei voida yksiselitteisesti määrittää koko infrarakentamisen kokonaispäästöjä, koska aineisto rajautuu tällä hetkellä sopivassa suunnitteluvaiheessa oleviin katu- ja puistorakentamiseen, eikä hankkeiden valintaa ole tehty sillä ajatuksella, että se kattaisi tyypillistä rakentamisen vuosittaista volyymia. Työssä tuotetaan tunnuslukuja (mm. kgCO_2e/€), joiden avulla voidaan arvioida vuosittaisia infrarakentamisen päästöjä esim. talousarvioihin perustuen. Näitä arvioita tehtäessä on kuitenkin hyvä huomioida, että tuotetut tunnusluvut kuvaavat ainoastaan rakentamisesta aiheutuvia kustannuksia, eivätkä ne sisällä esimerkiksi työmaa- ja tilaajatehtäviä. Tämän toimeksiannon jatkoselvityksenä laaditaan alustava malli kaupungin infrarakentamisen päästöjen arvioinnille talousarvion pohjalta. Päästöjen kokonaismäärän arvioinnissa hyödynnetään tämän Ihku-päästöanalyysin tuloksia.

Mitkä olisivat päästöt ilman vähäpäästöisyysratkaisuja eli paljonko niiden avulla on saatu päästöjä vähennettyä?

Työ pohjautuu suunnitteluvaiheen laskentaan ja siinä ei oteta kantaa sitä edeltävään tai seuraavaan suunnitteluvaiheeseen eikä hankkeiden toteutukseen. On kuitenkin huomioitava, että Ihku-laskelmat ovat ns. teoreettisia suunnitteluvaiheen arvioita. Se, miten vähähiilisiä tuotteita tai ratkaisuja lopulta päätyy rakentamiseen, tulisi tarkastella hankekohtaisesti toteumien perusteella. Ihkussa on joitakin vähähiilisiä tuotteita, kuten eräitä betoneita, stabiloinnin sideaineita ym., mutta on mahdollista, että hankkeen suunnittelussa suunnittelijat eivät valitse niitä vaihtoehdoiksi kustannuslaskentaan, vaikka vähähiilisten tuotteiden käyttö voisi olla teknisesti toteutettavissa.

Mikä on vähäpäästöisyysratkaisujen hinta suhteessa vähennettyihin päästöihin (€/tn)?

Tähän tuotetaan tietoa erityisesti lähitulevaisuuden osalta. Tehtyjen haastattelujen perusteella hintakehityksen ennustaminen vuoden 2027 jälkeen ei ole mielekästä, ja siihen liittyy liikaa epävarmuutta, jotta tuloksista olisi hyötyä.

Miten paljon kalliimpia (jos näin ylipäätään on) vähäpäästöiset ratkaisut ovat suhteessa ns. BAU-ratkaisuihin? Mitkä vähäpäästöiset ratkaisut ovat jo nyt halvempia elinkaarikustannukset laskien? Paljonko päästövähennyksiä saadaan aikaan samalla hinnalla eli esim. vaihtoehtoisilla suunnitteluratkaisuilla tai vaikka yhteistyömailla (vesi, KL, sähkö yhdessä vs. kaikki erikseen) ja paljonko potentiaalia on erilaisissa materiaalivalinnoissa?

Tässä työssä ei oteta kantaa elinkaarikustannuksiin, vaan pyritään arvioimaan, mikä on taloudellisesti kannattavin yhdistelmä määrätyn päästövähennystavoitteen saavuttamiseksi. Työ keskittyy nimenomaan materiaalivalintoihin ja työkoneiden käyttövoimamuutoksiin. Eri suunnitteluratkaisujen päästövähennysten ja elinkaarivaikutusten arviointi on tehtävä erillisinä tarkasteluina hankkeiden sisällä.

Mitkä ovat (kustannus)tehokkaimpia keinoja vähentää rakentamisen päästöjä? Pystytäänkö Ihkua hyödyntämään ihan konkreettisten kannustinten jakamisessa (vrt. ympäristöbonus vähäpäästöisestä bussiliikenteestä), jos sellaisia olisi käytössä vai tarvitaanko jotain muuta?

Työssä selvitetään kustannustehokkaimmat päästövähennystoimenpiteet. Ihku tarjoaa hyvän pohjan kannustimien jakamiseen tai pohdintaan siitä, millaisia ja minkä suuruisia kannustimia ne voisivat olla. Ihkussa ei kuitenkaan ole työmaanaikaista toteumaseurantaa, ja päästöjen seuranta työmaalla valitun päästökohteen osalta edellyttää omaa kehitystyötä (vrt. Malmin esirakentamisen vähähiilisyyden seuranta).

Onko Ihkusta mahdollista saada kehikkoja eri projektityyppien (esim. tiet, kasvualustat, sillat tms.) tunnistamiseksi, joissa tyypillisesti on samankaltaisia päästöjä?

Kyllä

Mistä infrarakentamisen päästöt syntyvät ja minkälaista vaihteluväliä infrarakentamisen volyymeissä per projektityyppi on?

Tähän tuotetaan tietoa katu- ja puistorakentamisen osalta.

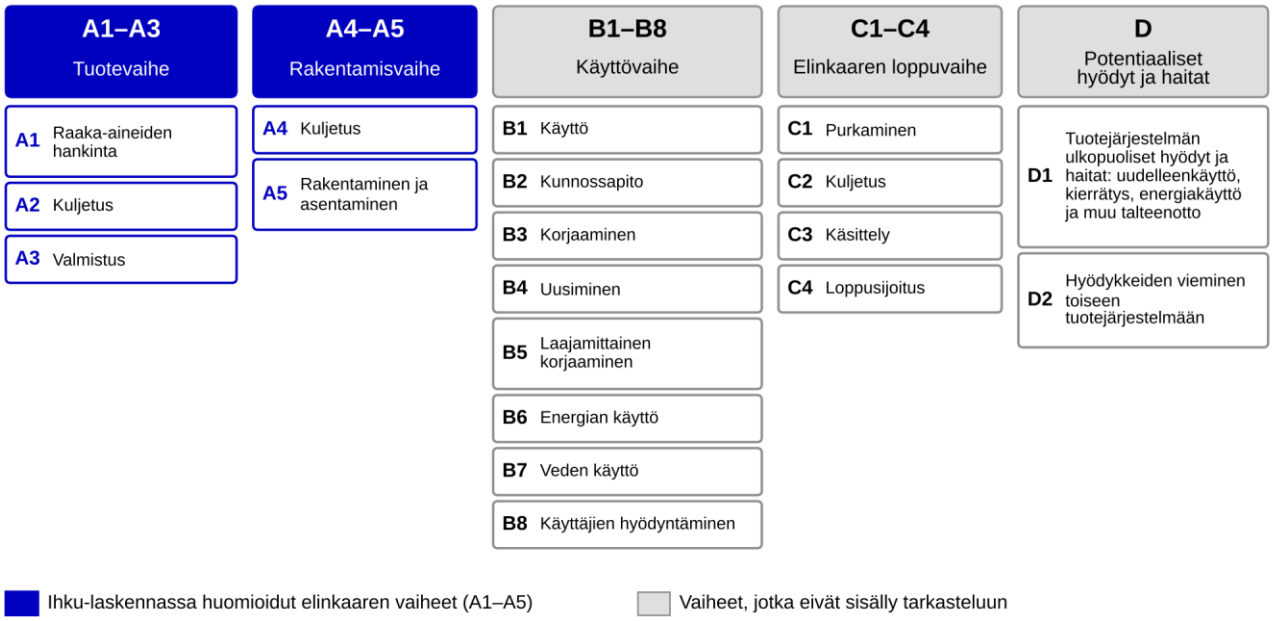
2 Menetelmä ja lähtötiedot

2.1 Ihku-laskennan perustiedot

Päästö- ja kustannuslaskenta on laadittu Ihku-laskentapalvelussa. Ihku on infrahankkeiden kustannuslaskentajärjestelmä, jota kehitetään palvelualliansissa. Allianssin palveluntuottajia ovat Arkance Systems Finland Oy, Mittaviiva Oy, Ramboll Finland Oy ja Solita Oy. Tilaajakonsortioon kuuluvat Väylävirasto, Helsinki, Espoo, Vantaa, Tampere, Turku ja Jyväskylä. Ihku on luotu suunnittelijan työkaluksi, jonka avulla voidaan luoda kustannus- ja päästölaskentoja infrahankkeille. Laskentajärjestelmän keskiössä on rakennusosakirjasto, joka sisältää rakennusosien hinta- ja päästötiedot sekä työsaavutukset.

Päästöjen osalta Ihku huomioi rakentamisen aikaiset päästöt eli elinkaaren vaiheet A1-A5 (Kuva 2-1). Tähän kuuluu materiaalien tuotanto (A1-A3), kuljetukset (A4) ja työmaatoiminnot (A5). Laskentamenetelmänä on sovellettu Väyläviraston Infrarakentamisen vähähiilisyyden arviointimenetelmää (Väylävirasto 2023), mikä perustuu eurooppalaisiin kestävän rakentamisen standardeihin (mm. EN 15643, EN 15804 ja EN 17472). Tässä selvityksessä päästölaskennan osalta on myös huomioitu Infrarakentamisen vähähiilisyyden arviointimenetelmän soveltamisohje Helsingin kaupungin hankkeisiin (Helsingin kaupunki, 2025). Rakennustuotteiden uusimista (B4) ei ole sisällytetty päästölaskentaan.

Ihkun päästökerrointiedot perustuvat SYKE:n kehittämään ja ylläpitämään infrarakentamisen päästötietokantaan (co2data.fi/infra). Ihku ei toistaiseksi huomioi sähkö-, tele- ja koneteknisten järjestelmien, kaukolämmön ja -jäähdytyksen, raitiotievaihteiden ja kalusteiden tuotevaiheen päästöjä. Kuljetusten osalta Ihku huomioi päästöt vain maa-aineksille, asfaltille, valmisbetonille, purkutöille ja mobilisaatioille.



Kuva 2-1. Infrarakenteen elinkaarivaiheet EN 17472:2022 standardin mukaisesti (Väylävirasto 2023). Laskentaan sisällytetyt vaiheet ovat kuvattu sinisellä värillä.

2.2 Ihku-datan käsittely

Ihku-datan käsittely on jaoteltu karkeasti datan keräykseen ja hakuun sekä sen manuaaliseen käsittelyyn ja jalostamiseen (Kuva 2-2). Ensimmäisessä vaiheessa data haettiin Ihku-laskentapalvelusta hankekohtaisesti yksittäisinä Excel-tiedostoina. Toisessa vaiheessa jokaisen Excel-panosraportin muotoa muunnettiin koneluettavampaan muotoon ja data yhdistettiin yhdeksi isoksi päätaulukoksi Python-koodin avulla. Lisäksi dataa parannettiin lisäämällä tietoja muista tietokannoista (SYKE:n co2data) ja hankkeiden metadatoja (mm. pinta-alatietoja). Kolmannessa vaiheessa dataa jalostettiin lisäämällä puuttuvia päästötietoja siltä osin kuin se nähtiin järkeväksi. Seuraavissa kappaleissa kunkin käsittelyvaiheen sisältö on kuvattu tarkemmalla tasolla.



Kuva 2-2. Datankäsittelyn prosessi ylätasolla. Ensimmäisessä vaiheessa data haettiin Ihku-laskentapalvelusta, toisessa vaiheessa datan muotoa ja yhdistettiin panosraportit päätaulukoksi. Kolmannessa vaiheessa täydennettiin puuttuvia päästötietoja siltä osin kuin se nähtiin järkeväksi, ja parannettiin dataa lisäämällä tietoja muista tietokannoista sekä hankkeiden metadatoja.

2.2.1 Datan keräys ja haku

Tilaaja laati kaikista katu- ja puistohankkeiden alkuperäisistä Ihku-laskelmista kopiot, joihin annettiin konsultille oikeudet. Konsultti tulosti jokaisen hankkeen Ihku-laskelmasta perusmuotoisen panosraportin, joka on saatavilla vain Excel-tiedostona. Panosraportilla näytetään hankkeen sisältämät rakennusosat hankkeen rakenteen mukaan lajiteltuna. Panosraportti eroaa muista Ihkun tuottamista perusraporteista siten, että raportilla näytetään rakennusosien sisältämien panosten panosmäärät sekä panosten tyypit, yksiköt sekä hinnat ja päästöt.

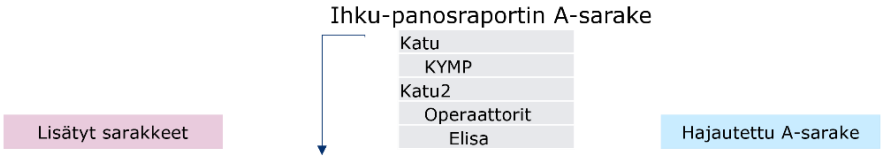
Lisäksi jokaisesta hankkeesta kerättiin alla lueteltuja metatietoja. Hankealueiden ja pohjanvahvistusten pinta-alat sekä katujen pituudet mitattiin tilaajan toimittamista suunnitelmakuvista. Tiedot suunnitteluvaiheista ja hanketyypeistä kerättiin hankkeiden Ihku-laskelmien perustiedoista. Hankkeiden sijaintiedot kerättiin silmämääräisesti Helsingin karttapalvelusta (kartta.hel.fi).

- suunnitteluvaihe
- hanketyyppi (uudisrakentaminen vai perusparantaminen)
- hankealueen pinta-ala
- kadun pituus
- tieto pohjanvahvistuksesta (kyllä/ei) ja sen tyypistä sekä pohjanvahvistetun alueen pinta-ala
- hankkeen sijaintitieto koordinaateissa

2.2.2 Datan käsittely

Ihkun panosraporttien A-sarakkeen tekstit jaettiin viiteen sarakkeeseen sisennystason mukaan (Kuva 2-3) säilyttäen sisennystasojen informaatioarvon. Lisäksi panosraporttien

esikäsittelyvaiheessa lisättiin sarakkeet **Hanke** ja **Katu** myöhempää datan ryhmittelyä varten. Sarakkeet täytettiin Python-koodilla alaspäin kuten esitetty kuvassa harmaalla kursiivifontilla.



Hanke	Katu	Ptark1	Ptark2	Ptark3	Ptark4	Ptark5	KOODI... →
Hankkeen nimi	**Katu**	**Katu**					
Hankkeen nimi	*Katu*	*Katu*	**KYMP**				
Hankkeen nimi	*Katu*	*Katu*	*KYMP*				1133
Hankkeen nimi	**Katu2**	**Katu2**	*KYMP*				
Hankkeen nimi	*Katu2*	*Katu2*	**Operaattorit**				
Hankkeen nimi	*Katu2*	*Katu2*	*Operaattorit*	**Elisa**			
Hankkeen nimi	*Katu2*	*Katu2*	*Operaattorit*	*Elisa*			1151

Kuva 2-3. Ihku-panosraporttien A-sarakkeen jakaminen, uudet sarakkeet ja tyhjien solujen täyttölogiikka.

Ihkun panosraporttien Panos-sarakkeeseen täytettiin ”Rakennusosa” jos kyseistä rakennusosaa ei oltu raportissa avattu panostasolle (Kuva 2-4). Näin kaikki Ihku-raporttien summarivit pystyttiin poistamaan koodin avulla valitsemalla taulukosta analyysiin vain ne rivit, joilla on arvo Panos-sarakkeessa. Esim. kuvassa 2-3 analyysiin jäisi vain ne kaksi riviä, joissa on arvo KOODI-sarakkeessa, ja vastaavasti kuvassa 2-4 poistuisi rivi, jossa rakennusosana on Katupuu, sillä ko. rakennusosa on avattu panostasolle.

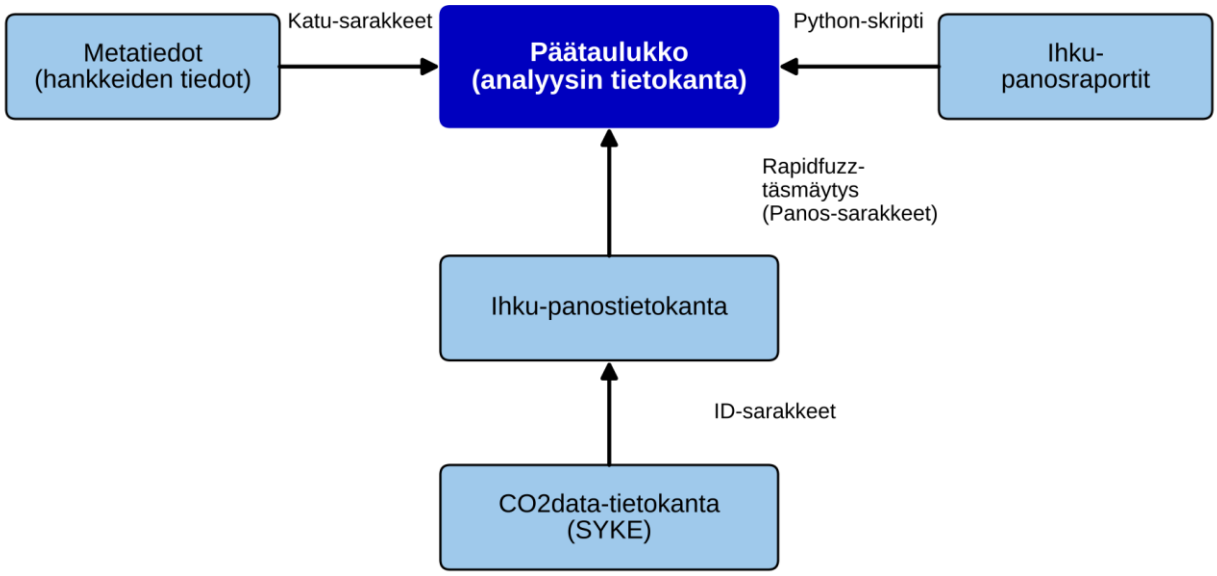
2331.2	Juuriritilä ja kannatinkehikko, katupuu, yksikköhinnalla		4,00	kpl	**Rakennusosa** Ei panoksia, rakennusosarivi säilytetään
2331.2	Katupuu	lehtipuu: korkeus 7–14 m (keskikokoinen), taimen rym = 20–25 cm	4,00	kpl	Purettu panoksiin, ei tarvetta säilyttää rakennusosariviä
					kasteluauto, kuorma-auto ja säiliö, sis. kuljettaja
					kuorma-auto, KA ja kuormausnosturi, sis. kuljettaja
					lehtipuu: korkeus 7–14 m (keskikokoinen), taimen rym = 20–25 cm
					vesi, l
					työntekijä, rakennusammattimies (RAM), sis. sos.kulut

Kuva 2-4. Rakennusosa-lisäyksien logiikka Panos-sarakkeeseen.

Kaikkien analyysiin valittujen hankkeiden esikäsitellyt Ihku-panosraportit yhdistettiin yhdeksi isoksi päätaulukoksi (Kuva 2-5). Hankkeet ja kadut on erotettavissa päätaulukosta Hanke- ja Katu-sarakkeiden avulla. Päätaulukkoon yhdistettiin rivikohtaisesti Ihkun panostietokannan ja SYKE:n CO2Datan tiedot. Koska Ihkun raporttitulosteisiin ei ole vielä mahdollista saada panosten yksilöivää tunnistetta, Ihkun panostietokannan tiedot yhdistettiin päätaulukkoon panosten nimien perusteella. Tässä apuna käytettiin Pythonin rapidfuzz-kirjastoa (https://pypi.org/project/RapidFuzz/0.1.0/), joka vertailee tekstejä ja arvioi niiden vastaavuutta arvolla välillä 0–100.

Testauksen avulla todettiin, että luotettavia tuloksia saadaan tuloksella 87 tai enemmän. Rapidfuzzin avulla päätaulukkoon saatiin poimittua rivikohtaisesti Ihkun panostietokannasta rivin panoksen nimen vastine, jonka perusteella yhdistettiin loput tietokannasta. CO2Data saatiin yhdistettyä suoraan Ihkun panostietokannan vastaavien ID:iden perusteella. Päätaulukkoon yhdistettiin lisäksi projektiryhmän luoma metadatataulukko, joka sisältää kaduittain tietoa mm.

suunnittelupinta-aloista. Päätaulukosta luotiin Pythonin groupby-metodeilla tarkoituksenmukaisia luokittelutaulukoita analyysikäyttöön.



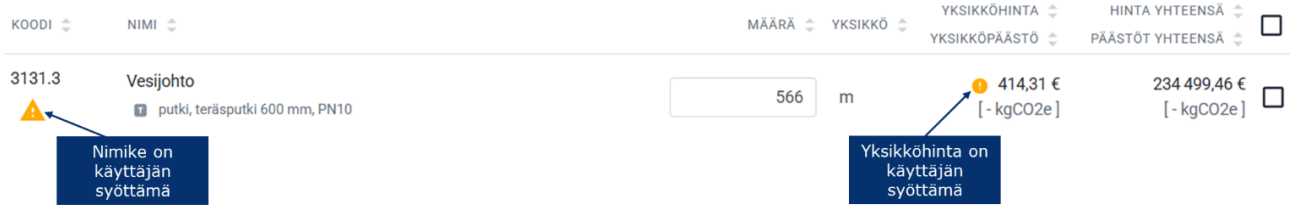
Kuva 2-5. Kaavio päätaulukon l. analyysissä hyödynnetyn uuden tietokannan sisältämistä elementeistä, luomisprosessista ja metodologiasta.

Jatkoa ajatellen vastaavan Ihku-datan käsittelyprosessin toteutettavuutta voidaan parantaa lisäämällä Ihkun raporttitulosteisiin selkeästi panos-ID:t, joiden kautta rivit voidaan yhdistää helposti SYKE:n CO2Dataan. Sama pätee myös Ihkun API-rajapinnan tarjoamaan.

Vähähiilisten vaihtoehtojen tietoja varten päätaulukosta luotiin erillinen taulukko jonka rivit vastasivat päätaulukon uniikkeja panosten nimiä. Vaihtoehtotaulukon datat yhdistettiin takaisin päätaulukkoon käyttäen panostyypin, materiaalin, materiaalin alaryhmän, panoksen nimen ja panoksen yksikön yhdistelmää. Koska lähtödatan eri hankkeissa saattoi olla samoille panoksille toisistaan poikkeavia hintoja, vähähiilisten vaihtoehtojen kustannuksia käsiteltiin kaavoina vertailtavuuden säilyttämiseksi.

2.2.3 Datan jalostaminen

Hankkeiden rakennusosakohtaisia päästötietoja täydennettiin käsittelyvaiheessa tuotettuun päätaulukkoon etenkin, jos rakennusosan hinta oli merkittävä kokonaiskustannuksiin nähden ja jos päästötiedot olivat helposti täydennettävissä esim. SYKE:n infrarakentamisen päästötietokannan perusteella. Ihkussa rakennusosien päästötietoja ei ollut saatavilla, mikäli laskelman käyttäjä oli syöttänyt käsin rakennusosan ja yksikköhinnan, mutta ei yksikköpäästöä (Kuva 2-6). Lisäksi laskelmissa oli mukana rakennusosia, joille Ihkun rakennusosakirjasto ei toistaiseksi sisällä päästötietoja, kuten kaukolämpöputket.



Kuva 2-6. Kuvakaappaus Ihku-laskentapalvelun verkkoselainnäkymästä. Kuvan vasemmassa reunassa oranssin kolmion sisällä oleva huutomerkki tarkoittaa, että nimike on käyttäjän itse syöttämä. Kuvan oikeassa reunassa oranssin ympyrän sisällä oleva huutomerkki tarkoittaa, että yksikköhinta on käyttäjän syöttämä.

Laskennan kustannuskattavuuden parantamiseksi aineistoa täydennettiin kohdistamalla päästökertoimet aiemmin päästöjen kannalta määrittelemättömiin kustannuseriin. Täydennys tehtiin noin 5 %:n osuudelle kokonaiskustannuksista, ja sen vaikutus laskennallisiin kokonaispäästöihin oli noin 1,5 %. Määrittelemättömiä suurempia yksittäisiä kustannuseriä ovat olleet mm. pilaantuneisiin maihin liittyvät maarakennustöitä, erilaiset raudoitteet, maaleikkauksia ja kaivantoja (vedenalaiset), kuitubetonilaattoja, luonnonkiviä, vesihuoltoverkoston johtoja ja varusteita, porapaaluseiniä, kaukolämpöputkia. Taulukossa 2-1 on esitetty esimerkinomaisesti yksittäiset suurimmat rakennusosat (yli 100 k€), joille täydennettiin käsin päästökerroin.

Taulukko 2-1. Yksittäiset suurimmat rakennusosat, joista Ihku laskelmalta puuttui päästökerroin.

Rakennusosa	Hinta (€)
Pilaantuneen maan kuorintaruoppaus, > 10000 m3ktr, yksikköhinnalla	1 123 200
Aukiporaus	440 000
Vesijohto	270 355
Muotit ja telineet, sillan maa-/päätytukien teline- ja muottityöt *	261 902
Noppakiveys	203 114
Raudoitteet, sillan maa-/päätytukien raudoitustyöt, betoniteräs A500HW *	193 500
Kaukolämpö, 2Mpuk-putkielementti DN 300 (sis. työt ja materiaalit), yksikköhinnalla	159 857
Vedenalaiset maaleikkaukset ja -kaivannot, erittelemätön, maan tiheys 1500-2000 kg/m3 (vaikeat olosuhteet)	158 950
Raudoitteet, sillan maa-/päätytukien raudoitustyöt, betoniteräs A500HW *	152 650
Nupukiveys	107 358
Sillan tukirakenteiden kiviverhous	106 016
Sulkuventtiili: läppäsulkuventtiili DN600	101 303

2.3 Päästövähennyskustannusten laskenta

Tässä työssä käytetään mallia, joka laskee katurakentamisen materiaali- ja käyttövoimavalintoihin liittyvien päästövähennystoimenpiteiden kustannuksia ja vaikutuksia. Päästövähennyskustannukset on laskettu niin, että asetettuun päästövähennystavoitteeseen päästään mahdollisimman pienillä kustannuksilla. Optimoinnin avulla voidaan kohdentaa rajalliset taloudelliset resurssit sellaiseen panosvalintoihin, joilla saadaan mahdollisimman suuri vaikutus. Malli laskee,

- kuinka paljon päästöt pienenevät, jos perusratkaisun (BAU) panos korvataan vähähiilisellä vaihtoehdolla,
- mitä vähennys maksaa euroina,

- mitkä panokset kannattaa korvata ensin, kun tavoitteena on vähentää päästöjä madollisimman kustannustehokkaasti.

Malli on rakennettu niin, että sillä voidaan tarkastella kerralla kokonaisen katuhankkeen optimaalisia panosvalintoja päästötavoitteen saavuttamiseksi.

2.3.1 Syöteaineisto

Malli käyttää lähtötietona taulukkomuotoista aineistoa, jossa jokainen rivi kuvaa yhtä katurakentamisen panosta (esim. asfaltti, betoni, teräsrakenteet, työkoneen käyttö jne.) tietyssä hankkeessa. Kunkin panoksen *k* osalta on määritelty:

- hankkeen tunnus
- tarvittava panosmäärä, q_k
- perusratkaisun (BAU) ja vähäpäästöisten vaihtoehtojen päästökertoimet $e_{k,s}$, ja yksikkökustannukset $c_{k,s}$, missä *s* viittaa BAU:hun tai vaihtoehtoiseen valintaan.

Päästökerroin kuvaa panoksen käytön aikaansaamia päästöjä per yksikkö ja kustannus vastaavasti panoksen yksikkökustannuksia. Panoksen aiheuttamat kokonaispäästöt $E_{k,s}$ ja kokonaiskustannukset $C_{k,s}$ saadaan kertomalla määrät päästökertoimella tai kustannuksilla

$$E_{k,s} = q_k \cdot e_{k,s},\ \ C_{k,s} = q_k \cdot c_{k,s}.$$

2.3.2 Päästövähennys ja kustannus per panos

Jokaiselle panokselle lasketaan, miten paljon päästöt ja kustannukset muuttuvat, jos panos *j* korvataan tietyllä vaihtoehdolla *s*:

$$\Delta E_{k,s} = E_{k,j} - E_{k,s}.$$

$$\Delta C_{k,s} = C_{k,j} - C_{k,s}.$$

Kustannus per vähennetty päästötonni (marginaalikustannus, $MAC_{k,s}$) määritellään:

$$MAC_{k,s} = \frac{\Delta C_{k,s}}{\Delta E_{k,s}},$$

kun $\Delta E_{k,s} > 0$. Jos päästövähennystä ei synny ($\Delta E_{k,s} \leq 0$), kyseistä vaihtoehtoa ei huomioida päästövähennystoimenpiteenä.

2.3.3 Panosvalintojen optimointi

Päästö- ja kustannuslukujen laskenta per panos ei kerro, miltä näyttää koko hankekokonaisuuden optimaaliset päästövähennysvalinnat. Tämän selvittämiseksi käytetään optimointimallia. Mallissa jokaiselle panokselle valitaan yksi vaihtoehto (BAU tai vaihtoehtoinen). Valinnat tehdään niin, että päästövähennystavoite T saavutetaan mahdollisimman pienillä kustannuksilla. Malli valitsee joka panokselle päätösmuuttujan $x_{k,s} \in \{0,1\}$. Päätösmuuttuja saa arvon 1, jos vaihtoehto valitaan, muuten se saa arvon 0. Tavoitefunktio on

$$min \sum_{k,s} C_{k,s} x_{k,s},$$

niin, että

$\sum_{k,s} \Delta E_{k,s}\, x_{k,s} \geq T$,

$\sum_{s} x_{k,s} = 1$, kaikile panoksille k.

Malli ratkaistaan niin, että se etsii hankkeelle yhdistelmän panosvalintoja, joilla päästövähennystavoite täyttyy pienimmillä mahdollisilla kustannuksilla. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että ”halvimmat” €/t toimenpiteet valitaan ensin.

2.4 Vähähiilisyyden kustannus- ja päästötieto

Vähähiilisyyden kustannus- ja päästötiedot kerättiin haastattelujen avulla. Lähtötietoja saatiin 16 eri toimijalta (Taulukko 2-2). Haastatteluissa korostui annettujen tietojen ajantasaisuus ja siihen liittyvät haasteet. Kustannus- ja päästötiedot tulevat vanhenemaan hyvin nopeasti, sillä useilla toimijoilla on käynnissä aktiivista kehitystyötä vähähiilisten tuotteiden osalta. Kehitystyöllä pyritään lisäämään vähähiilisten tuotteiden valikoimaa markkinoilla sekä tehostamaan vähähiilisten tuotteiden valmistusta siten, että valmistuskustannuksia saadaan alhaisemmiksi.

Suunnittelun ja mitoituksen avulla tehtäviä hiilijalanjäljen vähennyspotentiaalia ei huomioitu tässä selvityksessä. Näitä toimenpiteitä ovat mm. ylimitoittamisen välttäminen esimerkiksi ohentamalla porapaalujen seinämäpaksuutta tai materiaalin vaihtaminen esimerkiksi teräsponttien sijaan muovipontteihin.

Taulukko 2-2. Vähähiilisyyden kustannus- ja päästötietietoja toimittaneet toimijat.

Skanska Oy	Lujabetoni Oy
Kreate Oy	Rudus Oy
Tieluiska Oy	SSAB Europe Oy
YIT Oy	Peab Industri Oy
Jita Oy	Tibnor Oy
Novenberg Oy	Ulefos Oy
Viacon Oy	ArcelorMittal Commercial Finland Oy
Finnfoam Oy	Bewi Oy

2.4.1 Vähähiilisten panosten kustannukset

Materiaalien kustannus koostuu niin materiaalin valmistamiseen tarvittavien panosten kustannuksista kuin materiaalin työmaalle toimittamisesta aiheutuneista kustannuksista. Tässä työssä materiaalin kuljetuksien kustannuksia on arvioitu suuntaa antavasti tehtailta Helsinkiin. Moni toimittaja ilmoitti kuitenkin käynnissä olevan kehitystyön vaikuttavan näihin kustannuksiin tulevaisuudessa laskevasti, sillä vähähiilisten tuotteiden valmistusta suunnitellaan laajennettavaksi useammille tehtaille tai kokonaan uusien tehtaiden rakentamista suunnitellaan.

Vähähiilisten materiaalien ja työkoneiden hinnat määritettiin toimittajilta saatujen tietojen mukaan. Kuljetusajoneuvojen vaihtoehtoisten käyttövoimien osalta hinnat puolestaan määritettiin Helsingin kaupungin julkaisun (2024a) ”Selvitys päästöttömät työmaat green deal - Vaatimusten vaikutuksista” perusteella.

2.4.2 Vähähiilisten panosten päästöt

Osalle materiaaleista on saatavilla helposti eri toimijoiden kesken vertailtavia vähähiilisyysluokituksia, kuten valmisbetonien käyttämä BY-vähähiilisuusluokitus. Monissa

tapauksissa materiaalille ei ole luotu yhtenäistä vähähiilisyysluokitusta, jolloin tuotekohtaiset Environmental Product Declaration (EPD) tiedot tarvitaan ilmaisemaan luotettavasti kyseisen tuotteen hiilidioksidipäästöjä.

Tässä työssä valmisbetonien päästötiedot kerättiin BY-vähähiilisuusluokituksen mukaisesti, muista materiaaleista päästövähennyksen suuruus oli valmistajan tuotekohtaisen arvio. Tulokset ovat vain suuntaa antavia eivätkä kaikilta osin perustu tuotekohtaisiin kolmannen osapuolen varmentamiin EPD tietoihin.

Työkoneiden, laitteiden ja kuljetusajoneuvojen vaihtoehtoisten käyttövoimien päästöt määritettiin polttoaineiden päästökertoimien välisten suhdelukujen perusteella. Vaihtoehtoisten käyttövoimien mahdollista vaikutusta työkoneiden työsuoritteeseen ei ole arvioitu tässä työssä. Biopolttoaineen päästökerroin laskettiin co2datan ”Biopolttoaine, HVO” ja ”Diesel” välisen suhdeluvun avulla. Biokaasun päästökerroin laskettiin SYKE:n Y-hiilari työkalun ”Biokaasun polttoaineen valmistus” ja co2datan ”Diesel” välisen suhdeluvun avulla. Sähkön päästökerroin laskettiin co2datan ”Sähkö, CHP” ja Diesel” välisen suhdeluvun avulla.

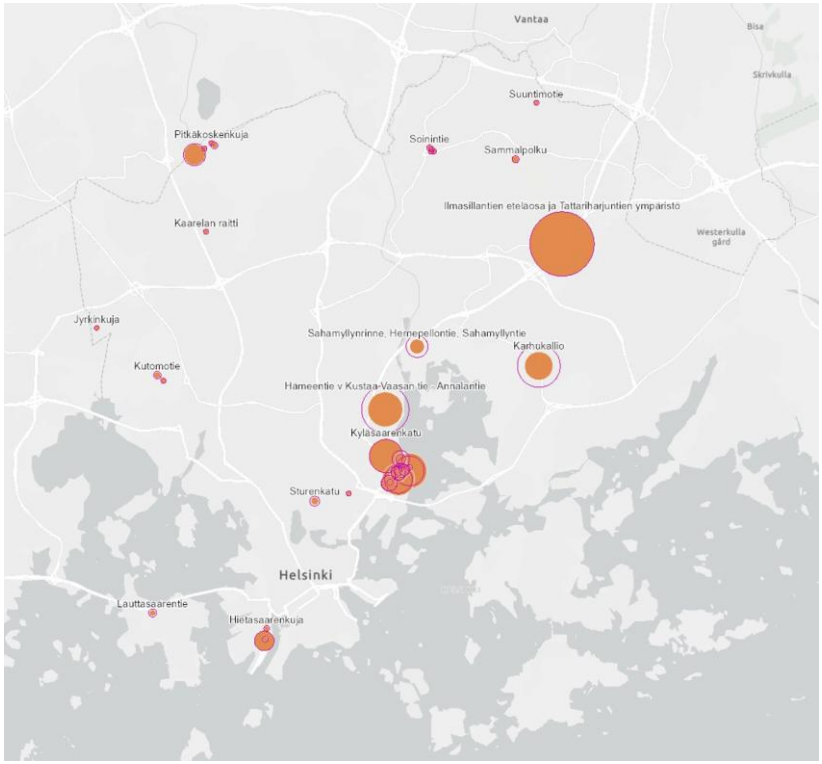
2.4.3 Merkittävimmät lähtötietopuutteet panosten vähähiilisyyden ja kustannusten kannalta

Vähähiilisyyden kannalta merkittävimmät lähtötietopuutteet liittyivät tuotteisiin, joille ei löydetty markkinoilta vähähiilisiä vaihtoehtoja tai joista ei saatu vertailukelpoisia kustannus- ja päästötietoja. Näihin kuuluivat valurautaiset tuotteet, muoviputket, ratakiskot, kalliokärjet sekä harjateräkset ja raudoituselementit. Harjaterästen valmistuksessa hyödynnetään jo pitkälti kierrätettyä terästä, joten lähtötasoltaan hiilijalanjälki on alhaisempi kuin tutkimuksen muilla teräksillä. Myöskään tukiseinien juuritapeista ja vaijereista ei ollut saatavilla vähähiilisiä vaihtoehtoja tai tuotekohtaisia päästölaskelmia. Betoniputkien ja -kaivojen kohdalla tietopuutteet liittyivät kustannustietojen puuttumiseen, vaikka vähähiiliä tuotteita on jo markkinoilla saatavilla. Betoniputkien ja -kaivojen lisäksi raudoituselementit ja harjateräkset sekä portaalit ja kaiteet nousivat esiin jatkoselvitystä vaativina tuoteryhminä, joita tämän selvityksen puitteissa ei ehditty tehdä.

3 Katuhankkeet

Selvityksen hankeotanta ei edusta koko kaupungin vuosittaista katurakentamista. Selvitykseen valittiin ominaisuuksiltaan erilaisia hankkeita, jotta voitaisiin tehdä johtopäätöksiä kustannusten ja päästöjen jakautumisesta hankkeissa.

Ensimmäisessä vaiheessa, kun hankkeiden päästö- ja kustannuslähteitä tarkasteltiin, katuhankkeita oli 17 kpl ja katuja 38 kpl (Kuva 3-1). Toisessa vaiheessa eli hankkeiden kustannus- ja päästövähennyspotentiaalin tarkastelussa hankkeita oli mukana 19 kpl ja katuja yhteensä 58 kpl (Taulukko 3-1). Ensimmäisestä vaiheesta neljä hanketta rajattiin pois (Taulukossa 3-1 Vaihe-sarakkeen merkintä ”1”) ja uusia hankkeita lisättiin kuusi kappaletta (merkintä ”2”).



Kuva 3-1. Kustannus- ja päästöanalyysissä ensimmäisessä vaiheessa tarkasteltujen katujen sijainnit kartalla. Symbolien koko on suhteutettu hankkeen päästöjen ja kustannusten suuruuteen. Oranssi ympyrä kuvaa hankkeen päästöjä ja violetti ympyrä hankkeen kustannuksia.

Taulukko 3-1. Yhteenveto katuhankkeista. Vaihe-sarakkeen merkintä 1 tarkoittaa, että hanke oli mukana vain ensimmäisessä vaiheessa (päästö- ja kustannuslähteiden tarkastelu), merkintä 2, että hanke lisättiin vasta toiseen vaiheeseen (päästövähennyspotentiaalin tarkastelu), ja merkintä 1 ja 2, että hanke oli mukana molemmissa.

Katu	Hanke	Hanketyyppi	Päästöt ($kgCO_2e$)	Kustannukset (€)	$kgCO_2e$/€	Vaihe
Albumikatu	Hermanninranta	Uudisrakentaminen	1 606 618	2 177 609	0,74	1 ja 2
Hermannin rantapuisto	Hermanninranta	Uudisrakentaminen	164 757	265 913	0,62	1 ja 2

Katu	Hanke	Hanketyyppi	Päästöt ($kgCO_2e$)	Kustannukset (€)	$kgCO_2e$/€	Vaihe
Hermanninranta	Hermanninranta	Uudisrakentaminen	1 140 085	1 277 827	0,89	1 ja 2
Hermanninranta VAIHE 2	Hermanninranta	Uudisrakentaminen	1 620 090	2 951 088	0,55	1 ja 2
Iskelmäkatu	Hermanninranta	Uudisrakentaminen	1 268 116	1 525 994	0,83	1 ja 2
Iskelmäpuisto	Hermanninranta	Uudisrakentaminen	2 106 331	2 229 131	0,94	1 ja 2
Kyläsaarenkatu	Hermanninranta	Uudisrakentaminen	4 876 594	6 519 620	0,75	1 ja 2
Tempokuja	Hermanninranta	Uudisrakentaminen	1 352 005	1 471 723	0,92	1 ja 2
Toivelevynkatu	Hermanninranta	Uudisrakentaminen	606 961	776 865	0,78	1 ja 2
Vanha talvitie (Hermanninranta)	Hermanninranta	Perusparantaminen	2 024 925	2 605 745	0,78	1 ja 2
Vanhan talvitien tulvapumppaamo	Hermanninranta	Uudisrakentaminen	1 558 512	2 403 539	0,65	1 ja 2
Verkkoneula	Hermanninranta	Uudisrakentaminen	4 423 659	5 298 473	0,83	1 ja 2
Verkkosaaren venesatama	Hermanninranta	Uudisrakentaminen	4 923 129	5 721 064	0,86	1 ja 2
Kaarelan raitti	Kaarelan raitti	Uudisrakentaminen	39 133	91 060	0,43	1
Karhukallio	Karhukallion esirakentaminen	Uudisrakentaminen	3 809 653	8 708 385	0,44	1
Suuntimotie	Suuntimotien pysäköintijärjestelyt	Perusparantaminen	45 371	109 824	0,41	1
Vaasankatu	Vanha talvitie välillä Työpajankatu-Hermannin rantatie p.o. Vaasankatu	Perusparantaminen	34 053	93 720	0,36	1
Vanha talvitie	Vanha talvitie välillä Työpajankatu–Hermannin rantatie	Uudisrakentaminen	82 976	263 128	0,32	1
Hämeentie v Kustaa Vaasan tie - Annalantie	Hämeentie v Kustaa Vaasan tie - Annalantie	Perusparantaminen	4 878 557	9 771 541	0,50	1 ja 2
Kalpakuja	Suutarilantien alue	Uudisrakentaminen	48 866	125 622	0,39	1 ja 2
Miekkapolku	Suutarilantien alue	Uudisrakentaminen	84 624	189 057	0,45	1 ja 2
Sahamyllynrinne, Hernepellontie, Sahamyllyntie	Sahamyllynrinne, Hernepellontie, Sahamyllyntie	Uudisrakentaminen	1 620 982	3 939 366	0,41	1 ja 2
Soinintie	Suutarilantien alue	Uudisrakentaminen	100 592	236 190	0,43	1 ja 2
Vallesmanninkuja	Suutarilantien alue	Uudisrakentaminen	15 316	39 996	0,38	1 ja 2

Katu	Hanke	Hanketyyppi	Päästöt ($kgCO_2e$)	Kustannukset (€)	$kgCO_2e$/€	Vaihe
Bunkkerinaukio	Bunkkerinaukio	Uudisrakentaminen	2 626 544	3 413 073	0,77	1 ja 2
Hietasaarenkuja	Bunkkerinaukio	Uudisrakentaminen	79 068	279 807	0,28	1 ja 2
Länsisatamankuja	Bunkkerinaukio	Uudisrakentaminen	91 163	316 403	0,29	1 ja 2
Ilmasillantien eteläosa ja Tattariharjuntien ympäristö	Ilmasillantien eteläosa ja Tattariharjuntien ympäristö	Uudisrakentaminen	9 908 778	13 622 143	0,73	1 ja 2
Jyrkinkuja	Jyrkinkuja	Perusparantaminen	16 534	41 249	0,40	1 ja 2
Kuninkaantammenkuja	Kuninkaantammentien ympäristö	Perusparantaminen	33 869	91 794	0,37	1 ja 2
Kuninkaantammentie	Kuninkaantammentien ympäristö	Uudisrakentaminen	2 616 400	3 980 418	0,66	1 ja 2
Pitkäkoskenkuja	Kuninkaantammentien ympäristö	Uudisrakentaminen	42 660	104 642	0,41	1 ja 2
Pitkäkoskentie	Kuninkaantammentien ympäristö	Uudisrakentaminen	168 754	506 300	0,33	1 ja 2
Kutomokuja	Kutomotien alueen kadut	Uudisrakentaminen	76 422	150 151	0,51	1 ja 2
Kutomotie	Kutomotien alueen kadut	Uudisrakentaminen	346 563	657 782	0,53	1 ja 2
Lauttasaarentie	Lauttasaarentie välillä Isokaari - Ruukinlahdentie	Perusparantaminen	245 916	794 782	0,31	1 ja 2
Sammalpolku	Sammalpolku	Uudisrakentaminen	339 285	576 224	0,59	1 ja 2
Sturenkatu	Sturenkatu välillä Helsinginkatu-Wallininkatu	Perusparantaminen	459 245	1 189 635	0,39	1 ja 2
Postiljooninkatu	Eteläinen postipuisto	Uudisrakentaminen	7 246 338	7 058 853	1,03	2
Postiljooninkuja	Eteläinen postipuisto	Uudisrakentaminen	1 755 687	1 615 347	1,09	2
Sähkekatu	Eteläinen postipuisto	Uudisrakentaminen	5 563 545	8 531 465	0,65	2
Filatelistinpolku	Eteläinen postipuisto	Uudisrakentaminen	3 948 554	3 383 652	1,17	2
Filatelistinkatu	Eteläinen postipuisto	Uudisrakentaminen	1 269 243	1 899 010	0,67	2
Filatelistinkuja	Eteläinen postipuisto	Uudisrakentaminen	183 787	260 481	0,71	2
Eckerönpolku	Eteläinen postipuisto	Uudisrakentaminen	707 112	1 442 487	0,49	2
Postisoudunkatu	Eteläinen postipuisto	Uudisrakentaminen	2 462 396	2 122 243	1,16	2
Kustinpolku	Eteläinen postipuisto	Uudisrakentaminen	2 770 284	4 067 431	0,68	2

Katu	Hanke	Hanketyyppi	Päästöt ($kgCO_2e$)	Kustannukset (€)	$kgCO_2e$/€	Vaihe
Kirjekatu	Eteläinen postipuisto	Uudisrakentaminen	895 459	660 952	1,35	2
Eckerönpuisto	Eteläinen postipuisto	Uudisrakentaminen	291 504	1 504 410	0,19	2
Filatelistinpolku silta	Eteläinen postipuisto	Uudisrakentaminen	66 077	561 437	0,12	2
Pikkaraistie	Tapulikaupungintien pohjoispuolen kadut	Perusparantaminen	82 738	216 094	0,38	2
Plutonkuja	Tapulikaupungintien pohjoispuolen kadut	Perusparantaminen	18 736	47 810	0,39	2
Pikkaraiskuja	Tapulikaupungintien pohjoispuolen kadut	Perusparantaminen	21 559	57 614	0,37	2
Pikkaraispolku	Tapulikaupungintien pohjoispuolen kadut	Perusparantaminen	17 685	46 238	0,38	2
Meteorikuja	Tapulikaupungintien pohjoispuolen kadut	Perusparantaminen	21 651	58 806	0,37	2
Hakaniemen hotellitontti esirakentaminen ja John Stenbergin ranta	Hakaniemen hotellitontti esirakentaminen ja John Stenberginranta	Uudisrakentaminen	9 230 205	17 569 990	0,53	2
Kanneltie ja Runopolku	Kanneltien suojateiden parantaminen	Perusparantaminen	12 286	42 421	0,29	2
Rusthollarintie	Puotilan ostoskeskuksen kadut	Perusparantaminen	93 404	241 323	0,39	2
Rättärinpolku	Puotilan ostoskeskuksen kadut	Perusparantaminen	41 654	133 045	0,31	2
Klaavuntie	Puotilan ostoskeskuksen kadut	Perusparantaminen	39 450	96 667	0,41	2
Hämeentie, Päijänteentie ja Ristikkokatu	Hämeentien ja Päijänteentien risteysalue	Perusparantaminen	138 113	477 205	0,29	2

3.1 Tunnusluvut

Seuraavissa taulukoissa on esitetty tilastollisia tunnuslukuja katuhankkeiden hiilidioksidipäästöistä suhteessa kustannuksiin ja suunnittelualueen pinta-alaan. Tulokset ovat ryhmitelty:

- Kaikki hankkeet
- Kaikki hankkeet, joissa **ei ole** pohjanvahvistusta
- Kaikki hankkeet, joissa **on** pohjanvahvistuksia
- Perusparannushankkeet, joissa **ei ole** pohjanvahvistuksia

- Uudisrakennushankkeet, joissa **ei ole** pohjanvahvistuksia
- Uudisrakennushankkeet, joissa **on** pohjanvahvistuksia

Aineisto käsittää yhteensä 57 katua, joiden osalta on tarkasteltu hiilidioksidipäästöjen suhdetta sekä kustannuksiin (€) että suunnittelualueen pinta-alaan.

Tulokset osoittavat huomattavia eroja hanketyyppien välillä, ja erityisesti pohjanvahvistustoimenpiteiden vaikutus on merkittävä sekä päästöjen että kustannusten kannalta.

Pohjanvahvistukset: Kaikkia katukohteita vertailtaessa, joissa on tehty pohjanvahvistuksia, keskimääräiset päästöt pinta-alaa (835 $kgCO_2e$ / m^2) kohden ovat yli nelinkertaiset verrattuna kohteisiin, joissa niitä ei ole tehty (192 $kgCO_2e$ / m^2). Samalla hiili-intensiteetti suhteessa euroihin ($kgCO_2e$ / €) nousee merkittävästi. Hankkeet, joissa on pohjanvahvistuksia, jokainen käytetty euro tuottaa keskimäärin 0,88 $kgCO_2e$ / €, kun taas ilman vahvistuksia luku on 0,47 $kgCO_2e$ / €.

Uudisrakentaminen vs. perusparantaminen: Hanketyyppien vertailu ilman pohjanvahvistuksia paljastaa odotetun eron: perusparannushankkeet ovat huomattavasti kevyempiä sekä hiilijalanjäljeltään 51 $kgCO_2e$ / m^2 että kustannuksiltaan 136 €/m^2. Uudisrakentamisen hiilijalanjälki pinta-alaa kohden (334 $kgCO_2e$ / m^2) on yli kuusinkertainen perusparantamiseen verrattuna, kun ei ole pohjanvahvistuksia. Kun uudisrakentamiseen lisätään pohjanvahvistukset, päästöt nousevat keskimäärin 865 $kgCO_2e$ / m^2 tasolle.

Aineistossa on havaittavissa suurta hajontaa, mikä näkyy erityisesti keskiarvon ja mediaanin välisenä erona. Esimerkiksi kaikkien hankkeiden päästöissä per neliömetri keskiarvo on 457 $kgCO_2e$ / m^2, mutta mediaani vain 150 $kgCO_2e$ / m^2. Tämä viittaa siihen, että joukossa on muutamia erittäin raskaasti kuormittavia "poikkeushankkeita" (maksimiarvo jopa 4558 $kgCO_2e$ / m^2), jotka nostavat keskiarvoa.

Kuvissa 3-2 ja 3-3 on esitetty katuhankkeiden hiili-intensiteetti suhteessa suunnittelualueen pinta-alaan. Kuva 3-3 on rajattu tiukemmin molemmilla akseleilla, mikä mahdollistaa tarkemman analyysin suurimmasta osasta hankkeita. Kuvista nähdään, että hiili-intensiteetti vaihtelee merkittävästi eri hankkeiden välillä. Suunnittelualueen pinta-alan ja hiili-intensiteetin välillä ei näytä olevan selvää korrelaatiota.

Tuloksien perusteella voidaan karkeasti arvioida katurakentamisen tunnuslukujen olevan suuruusluokkaa:

- Yleinen katurakentaminen arvo 0,60 $kgCO_2e$ / €
- Perusparannushanke 0,40 $kgCO_2e$ / €
- Uudisrakennushanke, ei pohjanvahvistuksia 0,55 $kgCO_2e$ / €
- Uudisrakennushanke pohjanvahvistuksilla 0,90 $kgCO_2e$ / €

Taulukko 3-2. Katuhankkeiden tilastollisia tunnuslukuja kaikista hankkeista.

Kaikki hankkeet	kgCO2e/€	$kgCO_2e$ / m^2	€ / m^2
Lukumäärä	57	51	51
Keskiarvo	0,62	457	588
Keskihajonta	0,29	759	927
Minimi	0,28	5,7	14
25%	0,39	51	123
Mediaani (50 %)	0,55	150	299
75%	0,81	603	604
Maksimi	1,51	4558	5297

Taulukko 3-3. Katuhankkeiden tilastollisia tunnuslukuja ryhmiteltynä kaikkiin hankkeisiin, joissa ei ole pohjanvahvistuksia.

Ei pohjanvahvistusta	$kgCO_2e$/€	$kgCO_2e$ / m2	€ / m2
Lukumäärä	36	30	30
Keskiarvo	0,47	193	348
Keskihajonta	0,21	440	741
Minimi	0,28	6	14
25%	0,37	39	93
Mediaani (50 %)	0,40	52	134
75%	0,51	110	299
Maksimi	1,20	2351	4125

Taulukko 3-4. Katuhankkeiden tilastollisia tunnuslukuja ryhmiteltynä kaikkiin hankkeisiin, joissa on pohjanvahvistuksia.

Pohjanvahvistus	$kgCO_2e$/€	$kgCO_2e$ / m2	€ / m^2
Lukumäärä	21	21	21
Keskiarvo	0,88	835	931
Keskihajonta	0,23	951	1069
Minimi	0,62	150	225
25%	0,75	344	433
Mediaani (50 %)	0,81	565	587
75%	0,92	911	1084
Maksimi	1,51	4558	5297

Taulukko 3-5. Katuhankkeiden tilastollisia tunnuslukuja ryhmiteltynä perusparannushankkeisiin, joissa ei ole pohjanvahvistuksia.

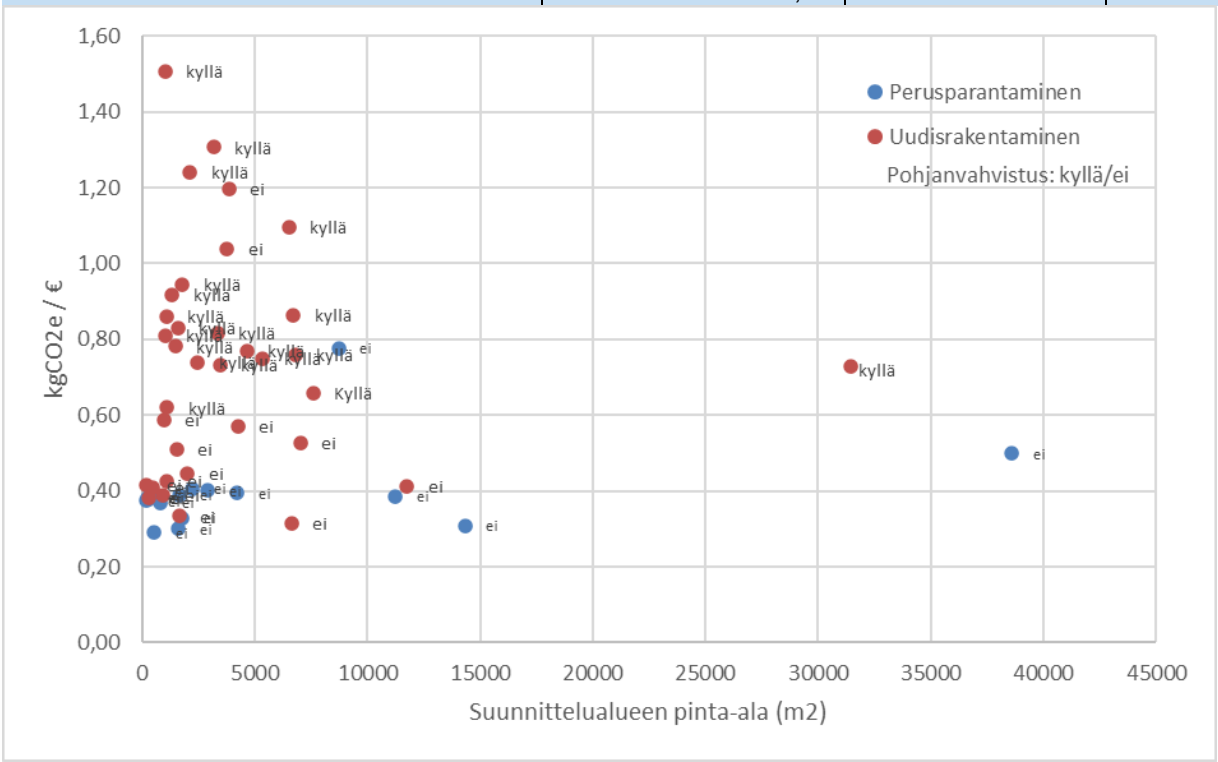
Perusparantaminen | Ei pohjanvah-vistuksia	$kgCO_2e$/€	$kgCO_2e$ / m2	€ / m^2
Lukumäärä	15	15	15
Keskiarvo	0,37	51	136
Keskihajonta	0,05	37	92
Minimi	0,29	6	14
25%	0,35	23	68
Mediaani (50 %)	0,38	41	106
75%	0,39	77	202
Maksimi	0,50	126	300

Taulukko 3-6. Katuhankkeiden tilastollisia tunnuslukuja ryhmiteltynä uudisrakentamishankkeisiin, joissa ei ole pohjanvahvistuksia.

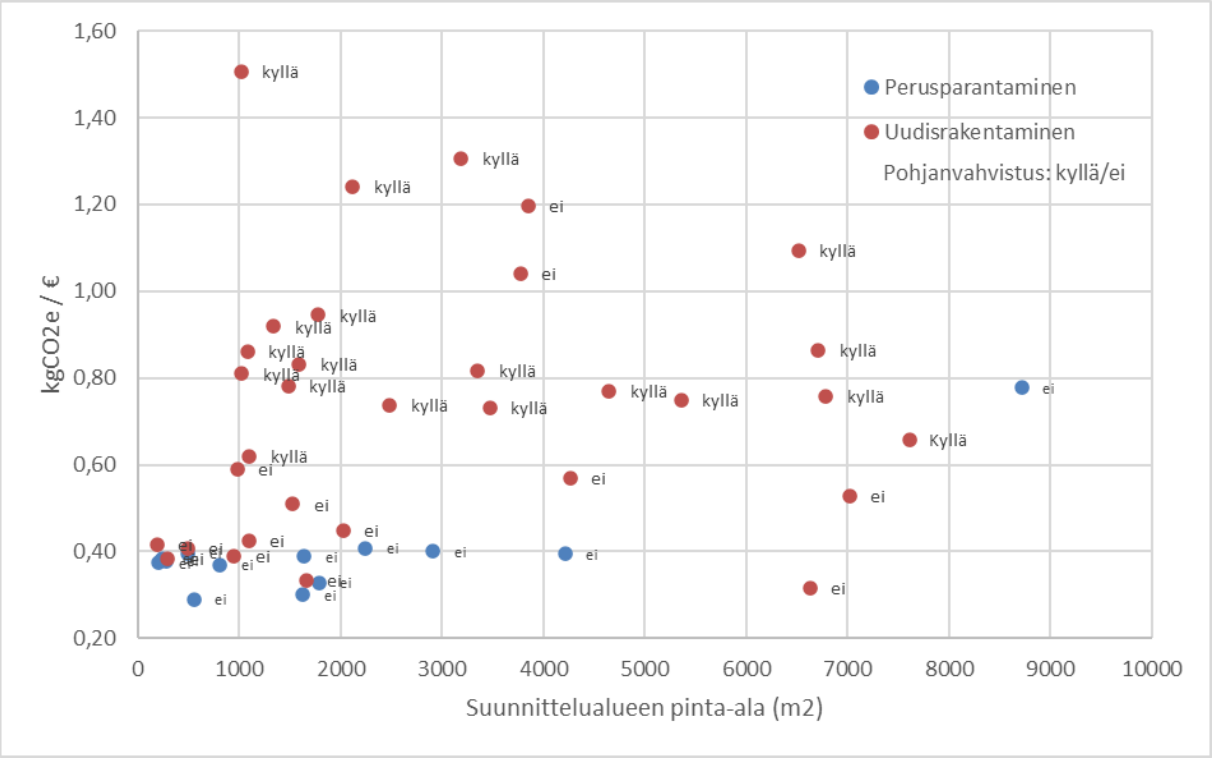
Uudisrakentaminen | Ei pohjanvah-vistuksia	$kgCO_2e/€$	$kgCO_2e$ / m2	€ / m^2
Lukumäärä	21	15	15
Keskiarvo	0,55	335	560
Keskihajonta	0,25	596	1016
Minimi	0,28	13	40
25%	0,39	51	115
Mediaani (50 %)	0,45	92	216
75%	0,59	353	562
Maksimi	1,20	2351	4125

Taulukko 3-7. Katuhankkeiden tilastollisia tunnuslukuja ryhmiteltynä uudisrakentamishankkeisiin, joissa on pohjanvahvistuksia.

Uudisrakentaminen | Pohjanvahvistus	$kgCO_2e/€$	$kgCO_2e$ / m2	€ / m^2
Lukumäärä	20	20	20
Keskiarvo	0,89	865	962
Keskihajonta	0,23	965	1086
Minimi	0,62	150	225
25%	0,75	363	469
Mediaani (50 %)	0,81	606	660
75%	0,93	936	1088
Maksimi	1,51	4558	5297



Kuva 3-2. Katuhankkeiden hiili-intensiteetti $kgCO_2e$ / € suhteessa suunnittelualueen pinta-alaan m^2. N = 51



Kuva 3-3. Katuhankkeiden hiili-intensiteetti kgCO_2e / € suhteessa suunnittelualueen pinta-alaan m2. Kuvassa X- ja Y-akselit on rajattu tarkemman tarkastelun mahdollistamiseksi. Kuvasta rajautuu pois 5 outlier hanketta. N = 51

4 Puistohankkeet

Puistohankkeiden kustannus- ja päästötarkasteluun valittiin 16 hanketta (Taulukko 4-1). Samaan tapaan, kuten katuhankkeiden tarkastelussa, puistohankkeiden valittu otanta ei edusta koko kaupungin vuoden puistorakentamista vaan selvitykseen on pyritty löytämään ominaisuuksiltaan erilaisia hankkeita, joiden avulla voitaisiin tehdä johtopäätöksiä miten kustannukset ja päästöt jakautuvat puistorakentamisessa.

Tarkasteltujen puistohankkeiden kokonaiskustannukset ovat noin 21,7 M€ ja kokonaispäästöt noin 8,9 MkgCO_2e. Kustannuksista ja päästöistä on rajattu kokonaan pois kalusteet (InfraRYL ryhmä 4600), sillä Ihkusta ja kalustevalmistajilta löytyy toistaiseksi hyvin rajallisesti päästötietoja kalustetuotteille. Luvussa 5.2.4 on esitetty kahden puistohankkeen osalta erillinen kalusteiden kustannus- ja päästölaskenta, jossa päästötietoja on pyritty täydentämään kalustetoimittajien tiedoilla.

Taulukko 4-1. Yhteenveto puistohankkeista. Kustannuksista ja päästöistä on rajattu kokonaan pois kalusteet (InfraRYL ryhmä 4600).

Hanke	Hanketyyppi	Päästöt (kgCO_2e)	Kustannukset (€)	kgCO_2e / €
Marielundinpuiston leikkipaikka, PS	Perusparannus	29 453	108 608	0,27
Helene Schjerfbeckin puisto, RS	Uudisrakentaminen	194 427	501 155	0,39
Hiihtäjäntie 4:n ulkoilureitti, RS	Uudisrakentaminen	14 532	84 188	0,17
Pikkukosken puistometsän koira-aitaus, RS	Uudisrakentaminen	45 711	150 169	0,30
Susannanpuiston leikkipaikka Sanna, RS	Perusparannus	118 982	427 028	0,28
Mustikkamaan liikuntapuisto, RS	Perusparannus	1 067 127	2 939 280	0,36
Nallenrinteenpuisto, RS	Uudisrakentaminen	1 351 051	2 014 640	0,67
Haruspuisto, RS	Perusparannus	243 758	500 650	0,49
Ojapuiston liikuntapuisto, PS	Uudisrakentaminen	1 205 469	2 099 672	0,57
Herttoniemen liikuntapuisto, RS	Perusparannus	1 262 981	2 974 136	0,43
Kruunuvuori lähivirkistysalueen puistoreitit, RS	Uudisrakentaminen	77 690	320 372	0,24
Haakoninlahdenpuiston eteläosa, RS	Uudisrakentaminen	225 343	1 029 484	0,22
Haakoninlahdenpuiston pohjoisosa, RS	Uudisrakentaminen	98 379	359 763	0,27
Mustapuron eteläosan tulvatorjunta, RS	Uudisrakentaminen	1 365 128	2 662 563	0,51
Saukonnokanallas, PS	Uudisrakentaminen	1 552 596	5 243 081	0,30
Riskupuisto, PS	Perusparannus	89 843	267 041	0,34
–	–	**21 681 830**	**8 942 470**	–

4.1 Tunnusluvut

Seuraavissa taulukoissa on esitetty tilastollisia tunnuslukuja puistohankkeiden hiilidioksidipäästöistä suhteessa kustannuksiin ja suunnittelualueen pinta-alaan, johon kohdistuu toimenpiteitä. Tulokset ovat ryhmitelty:

- Kaikki hankkeet
- Kaikki hankkeet, joissa **ei ole** pohjanvahvistusta
- Kaikki hankkeet, joissa **on** pohjanvahvistuksia
- Perusparannushankkeet, joissa **ei ole** pohjanvahvistuksia.
- Uudisrakennushankkeet, joissa **ei ole** pohjanvahvistuksia
- Uudisrakennushankkeet, joissa **on** pohjanvahvistuksia

Aineisto käsittää yhteensä 16 puistohanketta, joiden osalta on tarkasteltu hiilidioksidipäästöjen suhdetta sekä kustannuksiin (€) että suunnittelualueen pinta-alaan, johon kohdistuu toimenpiteitä.

Tulokset osoittavat eroja hanketyyppien välillä, mutta katuhankkeisiin verrattuna pohjanvahvistustoimenpiteiden vaikutus ei ole yhtä merkittävä sekä päästöjen että kustannusten kannalta. Lähes yhtä suuri merkittävyys aiheutuu siitä onko puistohanke uudisrakennuskohde vai perusparannuskohde.

Pohjanvahvistukset: Kaikkia puistokohteita vertailtaessa, joissa on tehty pohjanvahvistuksia, keskimääräiset päästöt pinta-alaa (49 $kgCO_2e$ / m^2) kohden ovat 1,4-kertaiset verrattuna kohteisiin, joissa niitä ei ole tehty (34 $kgCO_2e$ / m^2). Hankkeet, joissa on pohjanvahvistuksia, jokainen käytetty euro tuottaa keskimäärin 0,55 $kgCO_2e$ / €, kun taas ilman vahvistuksia luku on 0,30 $kgCO_2e$ / €.

Uudisrakentaminen vs. perusparantaminen: Hanketyyppien vertailu ilman pohjanvahvistuksia paljastaa odotetun eron: perusparannushankkeet ovat huomattavasti kevyempiä sekä hiilijalanjäljeltään 22 $kgCO_2e$ / m^2 että kustannuksiltaan 67 € / m^2. Uudisrakentamisen hiilijalanjälki pinta-alaa kohden (43 $kgCO_2e$ / m^2) on lähes kaksinkertainen perusparantamiseen verrattuna, kun ei ole pohjanvahvistuksia. Kun uudisrakentamiseen lisätään pohjanvahvistukset, päästöt nousevat keskimäärin 56 $kgCO_2e$ / m^2 tasolle.

Kuvassa 4-1 on esitetty puistohankkeiden hiili-intensiteetti suhteessa suunnittelualueen pinta-alaan, johon kohdistuu toimenpiteitä. Kuvasta nähdään, että hiili-intensiteetti vaihtelee eri hankkeiden välillä. Suunnittelualueen pinta-alan ja hiili-intensiteetin välillä ei näytä olevan selvää korrelaatiota.

Tuloksien perusteella voidaan karkeasti arvioida puistorakentamisen tunnuslukujen olevan seuraavaa suuruusluokkaa. Huomiona, että puistohankkeiden kustannuksista ja päästöistä on rajattu kokonaan pois kalusteet (InfraRYL ryhmä 4600):

- Yleinen puistorakentaminen 0,36 $kgCO_2e$ / €
- Perusparannushanke 0,36 $kgCO_2e$ / €
- Uudisrakennushanke, ei pohjanvahvistuksia 0,27 $kgCO_2e$ / €
- Uudisrakennushanke pohjanvahvistuksilla 0,59 $kgCO_2e$ / €

Taulukko 4-2. Puistohankkeiden tilastollisia tunnuslukuja kaikista hankkeista. Puistohankkeiden kustannuksista ja päästöistä on rajattu kokonaan pois kalusteet (InfraRYL ryhmä 4600)

Kaikki hankkeet	$kgCO_2e$ / €	$kgCO_2e$ / m^2	€ / m^2
Lukumäärä	16	16	16
Keskiarvo	0,36	38	109
Keskihajonta	0,14	27	84
Minimi	0,17	10	28
25%	0,27	15	62
Mediaani (50 %)	0,32	28	87
75%	0,44	48	110
Maksimi	0,67	98	360

Taulukko 4-3. Puistohankkeiden tilastollisia tunnuslukuja ryhmiteltynä kaikkiin hankkeisiin, joissa ei ole pohjanvahvistuksia. Puistohankkeiden kustannuksista ja päästöistä on rajattu kokonaan pois kalusteet (InfraRYL ryhmä 4600).

Ei pohjanvahvistusta	$kgCO_2e$ / €	$kgCO_2e$ / m^2	€ / m^2
Lukumäärä	12	12	12
Keskiarvo	0,30	34	115
Keskihajonta	0,08	29	96
Minimi	0,17	10	28
25%	0,26	14	51
Mediaani (50 %)	0,29	23	89
75%	0,34	42	124
Maksimi	0,49	98	360

Taulukko 4-4. Puistohankkeiden tilastollisia tunnuslukuja ryhmiteltynä kaikkiin hankkeisiin, joissa on pohjanvahvistuksia. Puistohankkeiden kustannuksista ja päästöistä on rajattu kokonaan pois kalusteet (InfraRYL ryhmä 4600).

Pohjanvahvistus	$kgCO_2e$ / €	$kgCO_2e$ / m^2	€ / m^2
Lukumäärä	4	4	4
Keskiarvo	0,55	49	90
Keskihajonta	0,10	22	34
Minimi	0,42	29	66
25%	0,49	40	68
Mediaani (50 %)	0,54	44	78
75%	0,60	53	99
Maksimi	0,67	80	140

Taulukko 4-5. Puistohankkeiden tilastollisia tunnuslukuja ryhmiteltynä perusparannushankkeisiin, joissa ei ole pohjanvahvistuksia. Puistohankkeiden kustannuksista ja päästöistä on rajattu kokonaan pois kalusteet (InfraRYL ryhmä 4600).

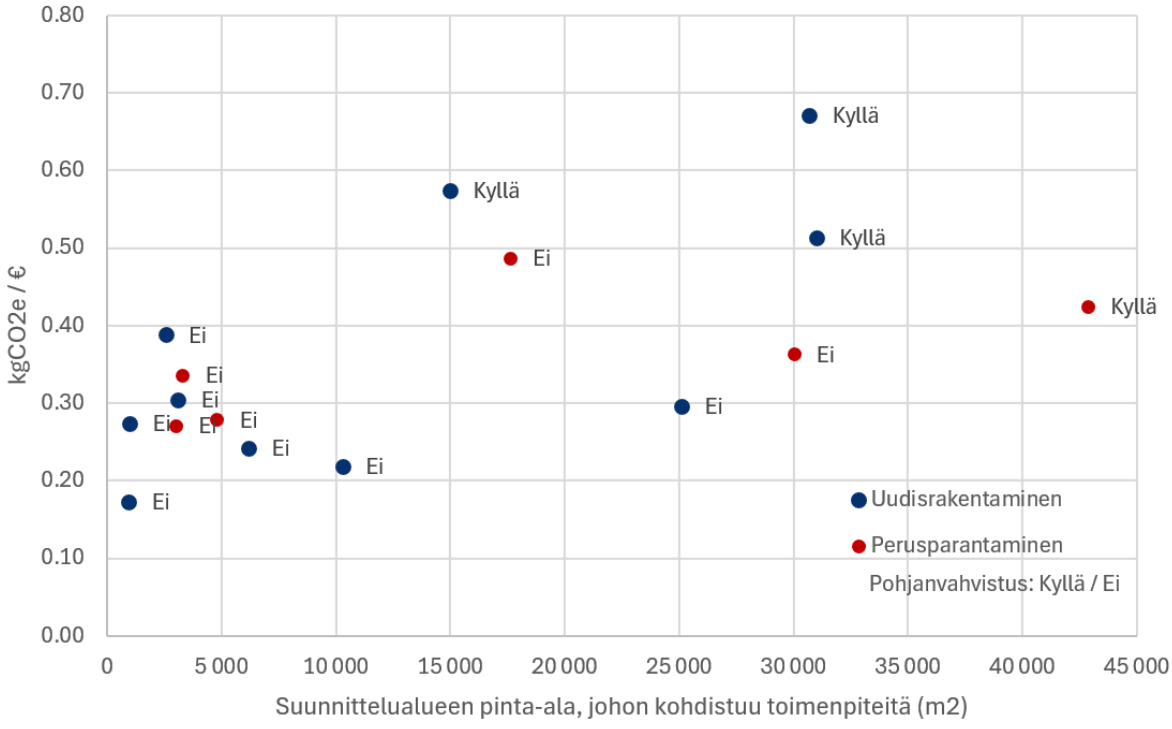
Perusparantaminen | Ei pohjanvah-vistuksia	$kgCO_2e$ / €	$kgCO_2e$ / m^2	€ / m^2
Lukumäärä	5	5	5
Keskiarvo	0,35	22	67
Keskihajonta	0,09	10	32
Minimi	0,27	10	28
25%	0,28	14	36
Mediaani (50 %)	0,34	25	81
75%	0,36	27	89
Maksimi	0,49	36	98

Taulukko 4-6. Puistohankkeiden tilastollisia tunnuslukuja ryhmiteltynä uudisrakentamishankkeisiin, joissa ei ole pohjanvahvistuksia. Puistohankkeiden kustannuksista ja päästöistä on rajattu kokonaan pois kalusteet (InfraRYL ryhmä 4600).

Uudisrakentaminen | Ei pohjanvah-vistuksia	$kgCO_2e$ / €	$kgCO_2e$ / m^2	€ / m^2
Lukumäärä	7	7	7
Keskiarvo	0,27	43	150
Keskihajonta	0,07	35	112
Minimi	0,17	13	48
25%	0,23	15	70
Mediaani (50 %)	0,27	22	100
75%	0,30	69	202
Maksimi	0,39	98	360

Taulukko 4-7. Puistohankkeiden tilastollisia tunnuslukuja ryhmiteltynä uudisrakentamishankkeisiin, joissa on pohjanvahvistuksia. Puistohankkeiden kustannuksista ja päästöistä on rajattu kokonaan pois kalusteet (InfraRYL ryhmä 4600).

Uudisrakentaminen | Pohjanvahvistus	$kgCO_2e$ / €	$kgCO_2e$ / m^2	€ / m^2
Lukumäärä	3	3	3
Keskiarvo	0,59	56	97
Keskihajonta	0,08	21	38
Minimi	0,51	44	66
25%	0,54	44	76
Mediaani (50 %)	0,57	44	86
75%	0,62	62	113
Maksimi	0,67	80	140



Kuva 4-1. Puistohankkeiden hiili-intensiteetti $kgCO_2e$ / € suhteessa suunnittelualueen pinta-alaan m^2, johon kohdistuu toimenpiteitä. Puistohankkeiden kustannuksista ja päästöistä on rajattu kokonaan pois kalusteet (InfraRYL ryhmä 4600).

5 Infrahankkeiden päästö- ja kustannuslähteet

5.1 Katuhankkeet

Luvussa esitellään 17 katuhankkeen (katuja 38 kpl) osalta päästö- ja kustannuslähteiden tuloksia. Tuloksia on jaoteltu materiaaleihin, elinkaaren vaiheisiin ja InfraRYL ryhmiin.

5.1.1 Materiaalit

Yksittäisistä materiaaleista suurimmat kustannukset ja päästöt aiheutuvat teräksestä, betonista, kiviaineksista, metalleista sekä luonnonkivestä (Taulukko 5-1). Materiaalien kustannuksien ja päästöjen jakautumista voidaan tarkastella myös tuotetasolla.

Taulukko 5-1. Katuhankkeissa eniten päästöjä ja kustannuksia aiheuttavat rakennusmateriaalit.

Materiaali	Kustannukset (€)	%-€	Päästöt ($kgCO_2e$)	%-$kgCO_2e$
Teräs	11 139 245	17	19 120 455	38
Betoni	5 499 639	9	13 138 399	26
Kiviainekset	3 328 126	5	2 910 406	6
Metallit	3 773 377	6	2 587 639	5
Luonnonkivi	3 781 075	6	615 938	1

Teräksen osalta paalut muodostavat kustannuksista 58 % ja päästöistä 74 %, raudoitteet 27 % kustannuksista ja 9 % päästöistä sekä tukiseinät 7 % kustannuksista ja 12 % päästöistä.

Valmisbetoni muodostaa betonin kustannuksista 46 % ja päästöistä 53 %. Toisena ovat kuivatuotteet aiheuttaen betonin kustannuksista 19 % ja päästöistä 28 %. Kuivatuotteisiin kuuluu stabiloinnin sideaineet, laastit ja maakostea betoni. Kolmantena tuoteryhmänä ovat paalut, joiden osuus betonin kustannuksista on 16 % ja päästöistä 13 %.

Kiviainesten osalta eniten kustannuksia ja päästöjä tuottava tuoteryhmä on kalliomurske (kustannukset 69 % ja päästöt 82 %). Sora aiheuttaa kustannuksista 17 % ja päästöistä 8 %. Sepeli puolestaan tuottaa kustannuksia 13 % ja päästöjä 9 %.

Metallin osalta ylivoimaisesti eniten päästöjä ja kustannuksia aiheuttava tuoteryhmä on valurauta (kustannukset 99 % ja päästöt 95 %). Alumiinin osuus kustannuksista on 4 % ja päästöistä 0,4 %. Ruostumattoman teräksen osuus kustannuksista ja päästöistä molemmista on 1 %.

Luonnonkivien osalta eri tuotteiden kustannukset ja päästöt jakautuvat tasaisemmin. Reunakivet muodostavat kustannuksista 55 % ja päästöistä 51 %. Nupukivien osuus kustannuksista on 17 % ja päästöistä 20 %. Noppakivet puolestaan tuottavat 17 % kustannuksista ja 18 % päästöistä.

5.1.2 Elinkaaren vaiheet

Ensimmäisessä vaiheessa tarkasteltujen katuhankkeiden osalta (hankkeita 17 kpl ja katuja 38 kpl) rakentamisen kokonaiskustannukset ovat 84,5 M€ ja kokonaispäästöt 55,5 MkgCO_2e. Päästöintensiteetti on noin 0,65 kgCO_2e/€.

Kustannuksista suurin osa syntyy materiaalien tuotannosta (elinkaaren vaihe A1-A3), yhteensä 37,5 M€ (44 %) (Taulukko 5-2). Työmaatoiminnot (A5) muodostavat lähes yhtä suuren osuuden, 31,2 M€ (37 %). Kuljetusten (A4) kustannukset ovat 11,4 M€ (14 %). Määrittelemättömät kustannukset ovat puolestaan 4,4 M€ (5 %). Myös päästöjen osalta valtaosa syntyy materiaalivaiheessa (A1-A3), yhteensä 44,6 MkgCO_2e (80 %). Työmaatoimintojen (A5) osuus on 6,8 MkgCO_2e (12 %) ja kuljetusten (A4) osuus on 4,0 MkgCO_2e (7 %). Määrittelemättömien päästöjen osuus jää hyvin pieneksi, 0,1 MkgCO_2e (0 %).

Taulukko 5-2. Yhteenveto katuhankkeiden kustannusten ja päästöjen jakautumisesta eri elinkaaren vaiheissa.

Elinkaaren vaihe	Kustannukset (€)	%-€	Päästöt (kgCO_2e)	%-kgCO_2e
A1-A5 Rakentamisvaihe yhteensä	84 516 884	–	55 483 102	–
A1-A3 Materiaalien tuotanto	37 495 552	44 %	44 576 758	80 %
A4 Kuljetus	11 438 087	14 %	4 038 655	7 %
A5 Työmaatoiminnot	31 199 057	37 %	6 758 972	12 %
Määrittelemätön	4 384 189	5 %	108 717	0 %

5.1.3 InfraRYL

Päästöjä ja kustannuksia tarkasteltaessa InfraRYL pääryhmittäin, suurimmat päästöt ja kustannukset muodostuvat maa-, pohja- ja kalliorakentamisesta (Taulukko 5-3). Tähän ryhmään kuuluvat mm. pohjanvahvistukset, maa- ja kallioleikkaukset sekä penkereet ja täytöt. Päällys- ja pintarakenteet aiheuttavat puolestaan toiseksi eniten päästöjä ja kustannuksia. Tähän ryhmään sisältyy esimerkiksi kadun jakavat ja kantavat kerrokset sekä asfalttipäällysteet. Kolmantena ovat järjestelmät, mihin kuuluu mm. vesihuolto, sähkökaapelit, valaistus ja kaukolämmön järjestelmät. Neljäntenä ovat rakennustekniset rakennusosat, johon sisältyy mm. sillat, tukimuurit ja kalusteet. Viimeisenä ovat hanketehtävät, mihin kuuluu esimerkiksi työmaatehtävät ja tilaajatehtävät.

Taulukko 5-3. Yhteenveto katuhankkeiden kustannusten ja päästöjen jakautumisesta Infra Rakennusosanimikkeistön pääryhmittäin.

Pääryhmä	Kustannukset (€)	%-€	Päästöt (kgCO_2e)	%-kgCO_2e
1000 Maa-, pohja- ja kalliorakenteet	52 900 628	62,6 %	41 042 253	74,0 %
2000 Päällys- ja pintarakenteet	15 971 971	18,9 %	7 773 745	14,0 %
3000 Järjestelmät	9 474 422	11,2 %	4 046 377	7,3 %
4000 Rakennustekniset rakennusosat	5 253 064	6,2 %	2 446 127	4,4 %
5000 Hanketehtävät (sis. mm. työmaapalvelut)	900 000	1,1 %	174 600	0,3 %

Kustannuksia ja päästöjä on mahdollista tarkastella myös tarkemmalla tasolla, sillä rakennusosanimikkeistön pääryhmissä eri rakenneosat eivät erotu kokonaisuudesta. Taulukosta 5-4 nähdään, että hankeotannassa yksittäisistä rakenneosista suurimmat kustannukset ja päästöt muodostuvat perustus- ja pohjarakenteista (InfraRYL 1300 & 1400) aiheuttaen n. 31 % kokonaiskustannuksista ja n. 50 % kokonaispäästöistä.

Taulukko 5-4. Yhteenveto katuhankkeiden kustannusten ja päästöjen jakautumisesta Infra Rakennusosanimikkeistön alaryhmittäin.

Alaryhmä	Kustannukset (€)	%-€	Osuus InfraRYL päätasolla	Päästöt ($kgCO_2e$)	%-$kgCO_2e$	Osuus InfraRYL päätasolla
1100 Olevat rakenteet ja rakennusosat	2 716 632	3,2 %	5,1 %	644 854	1,2 %	1,6 %
1200 Pilaantuneen maa-alueen puhdistustarve ja -tavoitteet	122	0,0 %	0,0 %	21	0,0 %	0,0 %
1300 Perustusrakenteet	25 057 458	29,6 %	47,4 %	24 604 274	44,3 %	59,9 %
1400 Pohjarakenteet	1 557 863	1,8 %	2,9 %	3 170 874	5,7 %	7,7 %
1500 Kallion tiivistys- ja lujitusrakenteet	817 191	1,0 %	1,5 %	71 596	0,1 %	0,2 %
1600 Maaleikkaukset ja -kaivannot	7 445 262	8,8 %	14,1 %	4 847 724	8,7 %	11,8 %
1700 Kallioleikkaukset, -kaivannot ja -tunnelit	8 906 501	10,5 %	16,8 %	4 343 330	7,8 %	10,6 %
1800 Penkereet, maapadot ja täytöt	6 399 599	7,6 %	12,1 %	3 359 580	6,1 %	8,2 %
2100 Päällysrakenteen osat ja radan alusrakennekerrokset	10 452 441	12,4 %	65,4 %	4 780 146	8,6 %	61,5 %
2200 Reunatuet, kourut, askelmat ja eroosiosuojaukset	2 911 172	3,4 %	18,2 %	568 110	1,0 %	7,3 %
2300 Kasvillisuusrakenteet	2 528 961	3,0 %	15,8 %	2 254 922	4,1 %	29,0 %
2400 Ratojen päällysrakenteet	79 397	0,1 %	0,5 %	170 567	0,3 %	2,2 %
3100 Vesihuollon järjestelmät	7 243 596	8,6 %	76,5 %	3 775 477	6,8 %	93,3 %
3200 Turvallisuusrakenteet ja ohjausjärjestelmät	490 077	0,6 %	5,2 %	65 837	0,1 %	1,6 %
3300 Sähkö-, tele- ja konetekniset järjestelmät	1 740 749	2,1 %	18,4 %	205 063	0,4 %	5,1 %
4100 Erittelemättömät rakennustekniset rakennusosat	1 028 867	1,2 %	19,6 %	611 623	1,1 %	25,0 %
4200 Sillat	3 548 406	4,2 %	67,5 %	1 718 624	3,1 %	70,3 %
4400 Perustus- ja tukirakenteet	230 731	0,3 %	4,4 %	101 023	0,2 %	4,1 %
4600 Rakennelmat ja kalusteet	445 059	0,5 %	8,5 %	14 857	0,0 %	0,6 %
5500 Työmaatehtävät: Työmaan kalusto	900 000	1,1 %	–	174 600	0,3 %	–

Perustus- ja pohjarakenteet (InfraRYL ryhmät 1300 & 1400)

Perustus- ja pohjarakenteiden kustannuksista valtaosa syntyy materiaalien tuotannosta (55 %) (A1–A3) (Taulukko 5-5). Työmaatoimintojen (A5) osuus on 40 %, ja kuljetusten (A4) osuus jää hyvin pieneksi, vain 3 %. Myös päästöistä suurin osa (92 %) syntyy materiaalivaiheessa (A1–A3). Työmaatoimintojen (A5) osuus on 7 %, ja kuljetusten (A4) osuus on käytännössä merkityksetön (0 %).

Taulukko 5-5. Perustus- ja pohjarakenteiden kustannusten ja päästöjen jakautuminen eri elinkaaren vaiheissa.

Elinkaaren vaihe	Kustannukset (€)	%-€	Päästöt ($kgCO_2e$)	%-$kgCO_2e$
A1-A5 Rakentamisvaihe yhteensä	26 615 322	31 %	27 775 149	50 %
A1-A3 Materiaalien tuotanto	14 650 428	55 %	25 635 628	92 %
A4 Kuljetus	687 758	3 %	103 686	0 %
A5 Työmaatoiminnot	10 748 941	40 %	2 035 834	7 %
Määrittelemätön	528 195	2 %	0	0 %

Perustus- ja pohjarakenteisiin voidaan pureutua vielä tarkemmin tarkastelemalla InfraRYL:n rakennusosanimikkeiden alaryhmiä (Taulukko 5-6). Suurin kustannuserä on 1320 Paaluperustukset, jotka muodostavat 90 % kustannuksista ja 87 % päästöistä. Toiseksi merkittävin päästöjen osalta on 1410 Vahvistetut maarakenteet, joiden osuus kustannuksista on 6 %, mutta päästöistä selvästi suurempi, 11 %. Muut erät ovat selvästi pienempiä:

- 1330 Arinarakenteet: 2 % kustannuksista ja 1 % päästöistä
- 1420 Suojaukset ja eristykset: 1 % kustannuksista ja 0 % päästöistä
- 1430 Kuivatusrakenteet: 1 % kustannuksista ja 0 % päästöistä

Taulukko 5-6. Katuhankkeiden kustannusten ja päästöjen jakautuminen perustus- ja pohjarakenteisiin.

Perustus- ja pohjarakenteiden alaryhmät	Kustannukset (€)	%-€	Päästöt ($kgCO_2e$)	%-$kgCO_2e$
1310 Maanvaraiset perustukset	183 952	1 %	154 826	1 %
1320 Paaluperustukset	24 219 534	90 %	24 169 437	87 %
1330 Arinarakenteet	653 972	2 %	280 012	1 %
1410 Vahvistetut maarakenteet	1 492 246	6 %	3 126 083	11 %
1420 Suojaukset ja eristykset	239 372	1 %	34 298	0 %
1430 Kuivatusrakenteet	217 445	1 %	10 493	0 %

Paaluperustuksien rakennusosia on mahdollista tarkastella myös tuotetasolla (Taulukko 5-7).

Taulukko 5-7. Paaluperustusten kustannusten ja päästöjen jakautuminen tuotetasolla.

Rakennustuote	Kustannukset (€)	Päästöt ($kgCO_2e$)
1321.11 Teräsbetonipaalu	1 727 355	1 935 858
1321.121 Teräsputkipaalu	822 598	1 135 848
1321.13 Puupaalu	113 609	27 841
1321.5 Porapaalu	15 973 446	15 736 077

Maa- ja kiviainekset

Maa- ja kiviaineksiin liittyvät rakennusosat muodostavat 27 % katuhankkeiden kokonaiskustannuksista ja 20 % kokonaispäästöistä (Taulukko 5-8). Valtaosa (47%) maa- ja kiviaineksiin liittyvistä kustannuksista muodostuu A5 vaiheesta eli työmaatoiminnoista. Kuljetukset (A4) muodostavat 35% kustannuksista ja materiaali (A1-A3) ainoastaan 17% kustannuksista. Maa- ja kiviaineksiin liittyvistä päästöistä suurin osa (42 %) syntyy materiaalin valmistuksesta (A1–A3). Kuljetusten (A4) osuus on 28 %, ja työmaatoimintojen (A5) osuus 31 %.

Taulukko 5-8. Maa- ja kiviainesten kustannusten ja päästöjen jakautuminen eri elinkaaren vaiheissa.

Elinkaaren vaihe	Kustannukset (€)	%-€	Päästöt ($kgCO_2e$)	%-$kgCO_2e$
A1-A5 Rakentamisvaihe yhteensä	22 978 347	27 %	11 089 876	20 %
A1-A3 Materiaalien tuotanto	4 017 196	17 %	4 641 894	42 %
A4 Kuljetus	8 135 261	35 %	3 051 979	28 %
A5 Työmaatoiminnot	10 693 344	47 %	3 392 217	31 %
Määrittelemätön	132 545	1 %	3 785	0 %

Suurin kustannuserä maa- ja kiviaineksissa on 1700 Kallioleikkaukset, -kaivannot ja -tunnelit, joka muodostaa 39 % maa- ja kiviainesten kokonaiskustannuksista ja vastaa samalla myös 39 % kokonaispäästöistä (Taulukko 5-9).

Toiseksi suurin kustannuserä on 1800 Penkereet, maapadot ja täytöt, joihin kohdistuu 28 % kustannuksista ja 30 % päästöistä. 1600 Maaleikkaukset ja -kaivannot muodostavat 23 % kustannuksista ja 15 % päästöistä, eli niiden kustannusosuus on selvästi päästöosuutta suurempi.

Muut erät ovat huomattavasti pienempiä:

- 2120 Jakavat kerrokset, eristys- ja välikerrokset: 6 % kustannuksista, 10 % päästöistä
- 2130 Kantavat kerrokset: 3 % kustannuksista, 5 % päästöistä
- 2110 Suodatinkerrokset: 1 % kustannuksista ja 1 % päästöistä

Taulukko 5-9. Maa- ja kiviainesten kustannusten ja päästöjen jakautuminen InfraRYL rakennusosanimikkeistön mukaisesti.

InfraRYL ryhmät	Kustannukset (€)	%-€	Päästöt ($kgCO_2e$)	%-$kgCO_2e$
1600 Maaleikkaukset ja -kaivannot	5 270 964	23 %	1 686 504	15 %
1700 Kallioleikkaukset, -kaivannot ja -tunnelit	8 906 501	39 %	4 343 330	39 %
1800 Penkereet, maapadot, täytöt	6 399 599	28 %	3 359 580	30 %
2110 Suodatinkerrokset	267 245	1 %	95 918	1 %
2120 Jakavat kerrokset	1 374 697	6 %	1 075 084	10 %
2130 Kantavat kerrokset	759 341	3 %	529 461	5 %

Päällysteet ja pintarakenteet (InfraRYL ryhmät 2140)

Päällysteisiin ja pintarakenteisiin liittyvät rakennusosat muodostavat 9 % katuhankkeiden kokonaiskustannuksista ja 6 % kokonaispäästöistä (Taulukko 5-10). Valtaosa (75 %) kustannuksista syntyy materiaalivaiheessa (A1–A3). Työmaatoimintojen (A5) osuus on 20 %, ja kuljetusten (A4) osuus jää 4 prosenttiin. Suurin osa päällysteisiin ja pintarakenteisiin liittyvistä päästöistä (89 %) syntyy materiaalivaiheessa (A1–A3). Kuljetusten (A4) osuus on 8 %, ja työmaatoimintojen (A5) osuus 4 %.

Taulukko 5-10. Päällysteiden ja pintarakenteiden kustannusten ja päästöjen jakautuminen eri elinkaaren vaiheissa.

Elinkaaren vaihe	Kustannukset (€)	%-€	Päästöt ($kgCO_2e$)	%-$kgCO_2e$
A1-A5 Rakentamisvaihe yhteensä	8 004 367	9 %	3 070 620	6 %
A1-A3 Materiaalien tuotanto	6 027 974	75 %	2 719 640	89 %
A4 Kuljetus	318 763	4 %	239 435	8 %
A5 Työmaatoiminnot	1 638 697	20 %	110 747	4 %
Määrittelemätön	18 933	0 %	798	0 %

Suurin kustannuserä päällyste- ja pintarakenteista on 2143 Ladottavat pintarakenteet, jotka muodostavat 54 % kustannuksista ja vastaavat 42 % päästöistä (Taulukko 5-11). Ladottaviin pintarakenteisiin kuuluvat mm. betonikivet, luonnonkivilaatoitukset, noppa- ja nupukivet, kenttäkiveykset ja liuskekiveykset. Toiseksi suurin erä on 2141 Sidotut päällysrakenteet eli asfaltoinnit ja betonilaatat, joiden osuus kustannuksista on 46 %, mutta päästöistä vielä suurempi, 57 %.

Taulukko 5-11. Päällysteiden ja pintarakenteiden kustannusten ja päästöjen jakautuminen InfraRYL rakennusosanimikkeistön mukaisesti.

InfraRYL ryhmä	Kustannukset (€)	%-€	Päästöt ($kgCO_2e$)	%-$kgCO_2e$
2141 Sidotut päällysrakenteet	3 671 229	46 %	1 760 057	57 %
2143 Ladottavat pintarakenteet	4 288 119	54 %	1 302 391	42 %
2144 Sitomattomat kulutuskerrokset	3 465	0 %	3 677	0 %
2145 Liikunta- ja virkistyspaikkojen pintarakenteet	17 586	0 %	4 230	0 %

Mikäli ladottavia pintarakenteita (InfraRYL ryhmä 2143) tarkastellaan tarkemmin, suurin kustannuserä on 2143.11 Betonikivipäällysteet, joiden osuus kustannuksista on 39 % ja päästöistä 44 % (Taulukko 5-12). Toiseksi suurin erä on 2143.22 Noppakiveys, joka kattaa 29 % kustannuksista ja 29 % päästöistä. Seuraavaksi merkittävin on 2143.23 Nupukiveys, jonka osuus on 20 % kustannuksista ja 17 % päästöistä. 2143.21 Luonnonkivilaatoitus vastaa 11 % kustannuksista ja 9 % päästöistä.

Taulukko 5-12. Ladottavien pintarakenteiden (InfraRYL 2143) kustannukset ja päästöt.

InfraRYL ryhmät	Kustannukset (€)	%-€	Päästöt ($kgCO_2e$)	%-$kgCO_2e$
2143.11 Betonikivipäällysteet	1 652 170	39 %	567 167	44 %
2143.21 Luonnonkivilaatoitus	475 416	11 %	117 809	9 %
2143.22 Noppakiveys	1 263 555	29 %	383 319	29 %
2143.23 Nupukiveys	87 8435	20 %	227 846	17 %
2143.24 Kenttäkiveys	18 544	0 %	6 249	0 %

Järjestelmät (InfraRYL ryhmä 3000)

Järjestelmien osalta selvästi suurimmat kustannukset (77 %) ja päästöt (93 %) aiheutuivat vesihuollon järjestelmistä, johon kuuluu mm. vesijohdot ja viemärit (Taulukko 5-13). Sähkö-, tele- ja konetekniset järjestelmät muodostavat ryhmän kustannuksista 18 % ja päästöistä 5 %. Tähän kuuluvat mm. maakaapelit ja niiden suojarakenteet sekä valaistusrakenteet. Turvallisuusrakenteiden ja opastusjärjestelmien kustannukset vastasivat 5 % kaikista järjestelmistä ja päästöt vastaavasti 2 %. Näihin sisältyy mm. tiekaiteet ja liikennemerkit.

Taulukko 5-13. Järjestelmien kustannusten ja päästöjen jakautuminen InfraRYL rakennusosanimikkeistön mukaisesti.

InfraRYL ryhmä	Kustannukset (€)	%-€	Päästöt ($kgCO_2e$)	%-$kgCO_2e$
3100 Vesihuollon järjestelmät	7 243 596	76,5 %	3 775 477	93,3 %
3200 Turvallisuusrakenteet ja ohjausjärjestelmät	490 077	5,2 %	65 837	1,6 %
3300 Sähkö-, tele- ja konetekniset järjestelmät	1 740 749	18,4 %	205 063	5,1 %

Taulukossa 5-14 on tarkasteltu tarkemmin vesihuollon järjestelmien kustannusten ja päästöjen jakautumista. 3110 Jätevesiviemäreistä aiheutuu kustannuksia 0,76 M€ ja päästöt 0,248 $MkgCO_2e$ (n. 7 % 3100-ryhmän päästöistä). Jätevesiviemäreiden kokonaispäästöistä 42 % muodostuu betonista, 33 % muovista ja 10 % teräksestä.

3120 Hulevesiviemäreiden kustannukset ovat 2,03 M€ ja päästöt 0,848 $MkgCO_2e$ (n. 23 % 3100-ryhmän päästöistä). Hulevesiviemäreiden kokonaispäästöt (A1–A5) koostuvat betonista 66 %, teräksestä 10 %, muovista 6 %.

3130 Vesijohtojen kustannukset ovat 4,45 M€ ja päästöt 2,679 $MkgCO_2e$ (n. 71 % 3100-ryhmän päästöistä). Materiaalit muodostavat n. 93 % vesijohtojen kokonaispäästöistä. Materiaaleista teräs ja metalli aiheuttavat 2,493 $MkgCO_2e$ eli 99,6 % materiaalipäästöistä. Betonin ja muovin päästöt ovat marginaalisia.

Taulukko 5-14. Vesihuollon järjestelmien (InfraRYL 3100) kustannukset ja päästöt. A1–A5 = rakentamisvaihe yhteensä, A1–A3 = materiaalien tuotanto.

InfraRYL ryhmä	Kustannukset (€), A1–A5	Päästöt (kgCO2e), A1–A5	Betoni, A1–A3	Teräs ja metalli, A1–A3	Muovi, A1–A3	Muut
3110 Jätevesiviemärit	759 951	248 382	103 839	24 146	82 460	574
3120 Hulevesiviemärit	2 032 224	848 127	558 177	84 117	54 960	1 585
3130 Vesijohdot	4 451 421	2 678 967	1 265	2 493 153	9 412	3

5.2 Puistohankkeet

Luvussa esitellään 16 puistohankkeen päästö- ja kustannuslähteiden tuloksia. Tuloksia on jaoteltu materiaaleihin, elinkaaren vaiheisiin ja InfraRYL ryhmiin.

5.2.1 Materiaalit

Puistohankkeiden kustannusten ja päästöjen analysointia SYKE:n infrarakentamisen päästötietokannan luokkien perusteella ei voida tehdä yhtä kattavasti, kuin katuhankkeiden osalta, sillä 46 % kustannuksista ja 7 % päästöistä ei kohdistu mihinkään päästötietokannan luokista (Taulukko 5-15).

Taulukko 5-15. Puistohankkeissa eniten päästöjä ja kustannuksia aiheuttavat luokat. Puistohankkeiden kustannuksista ja päästöistä on rajattu kokonaan pois kalusteet (InfraRYL ryhmä 4600).

Materiaali	Kustannukset (€)	%-€	Päästöt ($kgCO_2e$)	%-$kgCO_2e$
Määrittelemätön	6 263 491	28,9	631 720	7,1
Työkoneet	3 660 799	16,9	1 381 851	15,5
Nollapäästö	2 741 840	12,6	0	0,0
Kuljetus	2 615 959	12,1	931 096	10,4
Kiviainekset	1 139 792	5,3	1 167 653	13,1
Luonnonkivi	1 123 593	5,2	229 196	2,6
Betoni	1 072 932	4,9	2 241 346	25,1
Viherrakentaminen	903 581	4,2	473 731	5,3
Uusiomateriaali	452 357	2,1	632 242	7,1
Teräs	434 619	2,0	855 575	9,6
Muovi	413 791	1,9	167 084	1,9
Asfaltti	350 433	1,6	161 216	1,8
Puu	293 964	1,4	31 106	0,3
Metalli	200 112	0,9	35 765	0,4
Räjäytys	13 731	0,1	2 505	0,0
Silikoni	689	0,0	300	0,0
Vedeneriste	147	0,0	84	0,0

Mikäli tarkastellaan pelkkiä päästöjä, eikä kustannuksia, suurimmat päästöt aiheutuvat betonista (25 %), työkoneista (16 %), kiviaineksista (13 %) ja kuljetuksista (10 %).

Betonin yksittäisistä tuoteryhmistä eniten kustannuksia (66 %) ja päästöjä (73 %) aiheuttavat kuivatuotteet, joihin kuuluvat maakostea betoni, stabiloinnin sideaineet ja laastit. Valmisbetoni on toisena muodostaen betonin kustannuksista 16 % ja päästöistä 21 %. Kolmantena tuoteryhmänä on betonikaivot, joista aiheutuu 9 % kustannuksista ja 2 % päästöistä.

Työkoneista suurimmat kustannukset (43 %) ja päästöt (46 %) aiheutuvat kaivinkoneista, pyöräkuormaajista (kustannukset 13 % ja päästöt 12 %), paalutuskoneista (kustannukset 9 % ja päästöt 8 %) ja pilaristabilointikoneista (kustannukset 13 % ja päästöt 6 %).

Kiviaineksista ylivoimaisesti suurin osa kustannuksista (95 %) ja päästöistä muodostuu (97 %) murskeesta. Murskeen lisäksi muita kiviaineksia ovat sora (kustannukset 3 % ja päästöt 2 %), hiekka (kustannukset 1 % ja päästöt 0,5 %) ja sepeli (kustannukset 0,5 % ja päästöt 0,4 %).

5.2.2 Elinkaaren vaiheet

Puistohankkeiden rakentamisen kokonaiskustannukset ovat 21,7 M€ ja kokonaispäästöt 8,9 $MkgCO_2e$. Päästöintensiteetti on noin 0,41 $kgCO_2e$/€.

Kustannuksista suurin osa syntyy materiaalien tuotannosta (elinkaaren vaihe A1-A3), yhteensä 7,5 M€ (34 %) (Taulukko 5-16). Työmaatoiminnot (A5) muodostavat toiseksi eniten kustannuksia: 6,3 M€ (29 %). Määrittelemättömät elinkaaren vaiheet aiheuttavat kustannuksista puolestaan noin neljäsosan: 5,3 M€ (24 %). Määrittelemättömiin kuuluu Ihku-laskelmalle käyttäjän käsin syötetyt rakennusosat, joille ei ole erikseen määritelty elinkaaren vaiheita. Tässä kategoriassa eniten kustannuksia aiheuttavia rakennusosia ovat mm. valaistus, laituri- ja katsomorakenteet, tekonurmet, juoksuradan päällysteet ja paikalla tehtävät kasvualustat. Kuljetusten (A4) kustannukset ovat 2,6 M€ (12 %).

Myös päästöjen osalta valtaosa syntyy materiaalivaiheessa (A1-A3), yhteensä n. 6 $MkgCO_2e$ (67 %). Työmaatoimintojen (A5) osuus on 1,4 $MkgCO_2e$ (15 %) ja kuljetusten (A4) osuus on 0,9

MkgCO$_2$e (10 %). Määrittelemättömien päästöjen osuus jää pienemmäksi verrattuna kustannuksiin, 0,7 MkgCO$_2$e (7 %).

Taulukko 5-16. Yhteenveto puistohankkeiden kustannusten ja päästöjen jakautumisesta eri elinkaaren vaiheissa.

Elinkaaren vaihe	Kustannukset (€)	%-€	Päästöt (kgCO$_2$e)	%-kgCO$_2$e
A1-A5 Rakentamisvaihe yhteensä	21 681 830	–	8 942 470	–
A1-A3 Materiaalien tuotanto	7 471 154	34	5 977 911	67
A4 Kuljetus	2 615 959	12	931 096	10
A5 Työmaatoiminnot	6 318 422	29	1 381 851	15
Määrittelemätön	5 276 295	24	651 612	7

5.2.3 InfraRYL

Hankeotannan tuloksia tarkasteltaessa InfraRYL pääryhmittäin (Taulukko 5-17), suurimmat kustannukset (8,7 M€, 40 %) aiheutuvat päällys- ja pintarakenteista. Tähän ryhmään sisältyy esimerkiksi jakavat ja kantavat kerrokset, asfalttipäällysteet, kiveykset ja kasvualustat sekä muut viherrakenteet. Toiseksi eniten kustannuksia muodostuu maa-, pohja- ja kalliorakenteista (8,3 M€, 38 %), mihin kuuluu mm. pohjanvahvistukset, maa- ja kallioleikkaukset sekä penkereet ja täytöt. Päästöt puolestaan jakautuvat näiden ryhmien osalta toisinpäin: eniten päästöjä syntyy maa-, pohja- ja kalliorakenteista (5,2 MkgCO$_2$e, 58 %) ja toiseksi eniten päästöjä päällys- ja pintarakenteista (2,9 MkgCO$_2$e, 33 %). Kolmantena ovat järjestelmät (kustannukset: 2,9 M€, 13 % ja päästöt: 0,5 MkgCO$_2$e, 5 %), mihin kuuluu mm. vesihuolto, sähkökaapelit, valaistus ja kaukolämmön järjestelmät. Viimeisenä ovat rakennustekniset rakennusosat (kustannukset: 1,8 M€, 9 % ja päästöt: 0,4 MkgCO$_2$e, 4 %), johon sisältyy mm. sillat, laiturit sekä tukimuurit.

Taulukko 5-17. Yhteenveto puistohankkeiden kustannusten ja päästöjen jakautumisesta Infra Rakennusosanimikkeistön pääryhmittäin.

Pääryhmä	Kustannukset (€)	%-€	Päästöt (kgCO$_2$e)	%-kgCO$_2$e
1000 Maa-, pohja- ja kalliorakenteet	8 298 629	38,3 %	5 204 115	58,2 %
2000 Päällys- ja pintarakenteet	8 674 385	40,0 %	2 903 078	32,5 %
3000 Järjestelmät	2 860 779	13,2 %	466 609	5,2 %
4000 Rakennustekniset rakennusosat	1 848 038	8,5 %	368 668	4,1 %

Kustannuksia ja päästöjä on mahdollista tarkastella myös tarkemmalla tasolla, sillä rakennusosanimikkeistön pääryhmissä eri rakenneosat eivät erotu kokonaisuudesta. Taulukosta 5-18 nähdään, että hankeotannan suurimmat kustannukset ja päästöt muodostuvat päällysrakenteista (InfraRYL 2100) aiheuttaen n. 25 % kokonaiskustannuksista ja n. 23 % kokonaispäästöistä. Toisena ovat maaleikkaukset (InfraRYL 1600), jotka muodostavat kustannuksista n. 16 % ja päästöistä n. 18 %. Kolmantena ovat kasvillisuusrakenteet (InfraRYL 2300), joista syntyy n. 11 % kustannuksista ja 7 % päästöistä.

Hankeotannasta rajattiin kokonaan ulos ryhmä 4600 Kalusteet ja rakennelmat, sillä Ihku sisältää toistaiseksi vähän päästötietoja kalusteille. Lisäksi kalustevalmistajilta kartoitettiin tuotteiden päästötietoja, mutta niitä löytyi rajallisesti. Kalusteiden osuus koko hankeotannassa olisi ollut kustannusten osalta n. 2,9 M€ ja päästöjen osalta vain n. 67 700 kgCO2e.

Taulukko 5-18. Yhteenveto puistohankkeiden kustannusten ja päästöjen jakautumisesta Infra Rakennusosanimikkeistön alaryhmittäin.

Alaryhmä	Kustannukset (€)	%-€	Osuus InfraRYL päätasolla	Päästöt ($kgCO_2e$)	%-$kgCO_2e$	Osuus InfraRYL päätasolla
1100 Olevat rakenteet ja rakennusosat	742 923	3,4 %	9,0 %	160 597	1,8 %	3,1 %
1200 Pilaantuneen maa-alueen puhdistustarve ja -tavoitteet	103 227	0,5 %	1,2 %	38 195	0,4 %	0,7 %
1300 Perustusrakenteet	1 124 912	5,2 %	13,6 %	573 189	6,4 %	11,0 %
1400 Pohjarakenteet	1 155 676	5,3 %	13,9 %	1 486 325	16,6 %	28,6 %
1500 Kallion tiivistys- ja lujitusrakenteet	17 738	0,1 %	0,2 %	1 034	0,0 %	0,0 %
1600 Maaleikkaukset ja -kaivannot	3 376 992	15,6 %	40,7 %	1 567 370	17,5 %	30,1 %
1700 Kallioleikkaukset, -kaivannot ja -tunnelit	114 170	0,5 %	1,4 %	30 080	0,3 %	0,6 %
1800 Penkereet, maapadot ja täytöt	1 628 652	7,5 %	19,6 %	1 347 325	15,1 %	25,9 %
2100 Päällysrakenteen osat ja radan alusrakennekerrokset	5 410 835	25,0 %	62,4 %	2 096 658	23,4 %	72,2 %
2200 Reunatuet, kourut, askelmat ja eroosiosuojaukset	646 013	3,0 %	7,4 %	126 856	1,4 %	4,4 %
2300 Kasvillisuusrakenteet	2 426 431	11,2 %	28,0 %	639 226	7,1 %	22,0 %
3100 Vesihuollon järjestelmät	684 209	3,2 %	23,9 %	149 008	1,7 %	31,9 %
3200 Turvallisuusrakenteet ja ohjausjärjestelmät	1 141 747	5,3 %	39,9 %	160 368	1,8 %	34,4 %
3300 Sähkö-, tele- ja konetekniset järjestelmät	1 257 435	5,8 %	44,0 %	197 570	2,2 %	42,3 %
3400 Lämmön- ja kaasunsiirtojärjestelmät	2 832	0,0 %	0,1 %	0	0,0 %	0,0 %
4100 Erittelemättömät rakennustekniset rakennusosat	182 591	0,8 %	9,9 %	79 768	0,9 %	21,6 %
4200 Sillat	517 899	2,4 %	28,0 %	256 073	2,9 %	69,5 %
4300 Laiturit	529 733	2,4 %	28,7 %	746	0,0 %	0,2 %
4400 Perustus- ja tukirakenteet	609 265	2,8 %	33,0 %	32 080	0,4 %	8,7 %
4700 Vesiliikenteen rakenteet ja padot	3 500	0,0 %	0,2 %	0	0,0 %	0,0 %
4900 Muut rakennusosat	5 050	0,0 %	0,3 %	0	0,0 %	0,0 %

Maa- ja kiviainekset

Maa- ja kiviaineksiin liittyvät rakennusosat muodostavat 31 % puistohankkeiden kokonaiskustannuksista ja 47 % kokonaispäästöistä (Taulukko 5-19). Valtaosa (41%) maa- ja kiviaineksiin liittyvistä kustannuksista muodostuu A5 vaiheesta eli työmaatoiminnoista. Tuotantovaihe (A1-A3) aiheuttaa 31 % kustannuksista ja kuljetukset (A4) 28 % kustannuksista. Maa- ja kiviaineksiin liittyvistä päästöistä suurin osa (63 %) syntyy materiaalin valmistuksesta (A1–A3). Työmaatoimintojen (A5) osuus päästöistä on 21 % ja kuljetusten (A4) osuus 16 %.

Taulukko 5-19. Maa- ja kiviainesten kustannusten ja päästöjen jakautuminen eri elinkaaren vaiheissa.

Elinkaaren vaihe	Kustannukset (€)	%-€	Päästöt ($kgCO_2e$)	%-$kgCO_2e$
A1-A5 Rakentamisvaihe yhteensä	6 761 928	31,2 %	4 170 652	46,6 %
A1-A3 Materiaalien tuotanto	2 071 083	30,6 %	2 615 470	62,7 %
A4 Kuljetus	1 877 633	27,8 %	668 637	16,0 %
A5 Työmaatoiminnot	2 804 752	41,5 %	886 308	21,3 %
Määrittelemätön	8 460	0,1 %	238	0,01 %

Suurin kustannuserä maa- ja kiviaineksissa on 1600 Maaleikkaukset, joka muodostaa 50 % maa- ja kiviainesten kokonaiskustannuksista ja 38 % kokonaispäästöistä (Taulukko 5-20). Toiseksi suurin kustannuserä on 1800 Penkereet, maapadot ja täytöt, joihin kohdistuu 24 % kustannuksista ja 32 % päästöistä. 2130 Kantavat kerrokset muodostavat 13 % kustannuksista ja 15 % päästöistä. Jakavat kerrokset aiheuttavat puolestaan 10 % kustannuksista ja 13 % päästöistä.

Loput erät ovat huomattavasti pienempiä:

- 1700 Kallioleikkaukset, -kaivannot ja -tunnelit: 2 % kustannuksista, 1 % päästöistä
- 2110 Suodatinkerrokset: 1 % kustannuksista ja 1 % päästöistä

Taulukko 5-20. Puistohankkeiden maa- ja kiviainesten kustannusten ja päästöjen jakautuminen InfraRYL rakennusosanimikkeistön mukaisesti.

InfraRYL ryhmät	Kustannukset (€)	%-€	Päästöt ($kgCO_2e$)	%-$kgCO_2e$
1600 Maaleikkaukset ja -kaivannot	3 376 992	49,9 %	1 567 370	37,6 %
1700 Kallioleikkaukset, -kaivannot ja -tunnelit	114 170	1,7 %	30 080	0,7 %
1800 Penkereet, maapadot, täytöt	1 628 652	24,1 %	1 347 325	32,3 %
2110 Suodatinkerrokset	90 830	1,3 %	55 483	1,3 %
2120 Jakavat kerrokset	675 618	10,0 %	539 519	12,9 %
2130 Kantavat kerrokset	875 665	12,9 %	630 875	15,1 %

Päällysteet ja pintarakenteet (InfraRYL ryhmä 2140)

Päällysteisiin ja pintarakenteisiin liittyvät rakennusosat muodostavat 17 % puistohankkeiden kokonaiskustannuksista ja 10 % kokonaispäästöistä (Taulukko 5-21). Valtaosa kustannuksista (50 %) ja päästöistä (66 %) syntyy materiaalivaiheessa (A1–A3). Määrittelemättömien elinkaaren vaiheiden osuus on toiseksi suurin, 31 % kustannuksista ja 21 % päästöistä. Nämä rakenteet ovat Ihku-laskelmalle käyttäjän käsin syöttämiä rakennusosia, jotka eivät sisällä panoskohtaista tietoa eri elinkaaren vaiheista. Määrittelemättömät rakennusosat sisältävät arvion koko rakentamisvaiheen elinkaaresta (A1-A5).

Työmaatoimintojen (A5) osuus kustannuksista 17 % ja päästöistä 7 %. Kuljetusten (A4) osuus jää kustannusten osalta 2 % ja päästöjen osalta 6 %.

Taulukko 5-21. Päällysteiden ja pintarakenteiden kustannusten ja päästöjen jakautuminen eri elinkaaren vaiheissa.

Elinkaaren vaihe	Kustannukset (€)	%-€	Päästöt ($kgCO_2e$)	%-$kgCO_2e$
A1-A5 Rakentamisvaihe yhteensä	3 734 350	17,2 %	870 754	9,7 %
A1-A3 Materiaalien tuotanto	1 853 449	49,6 %	576 035	66,2 %
A4 Kuljetus	89 726	2,4 %	48 584	5,6 %
A5 Työmaatoiminnot	623 095	16,7 %	63 405	7,3 %
Määrittelemätön	1 168 079	31,3 %	182 731	21,0 %

Suurin kustannus- ja päästöerä päällyste- ja pintarakenteista on 2143 Ladottavat pintarakenteet, jotka muodostavat 41 % kustannuksista ja vastaavat 55 % päästöistä (Taulukko 5-22). Ladottaviin pintarakenteisiin kuuluvat mm. betonikivet, luonnonkivilaatoitukset, noppa- ja nupukivet, kenttäkiveykset ja liuskekiveykset. Toiseksi suurin kustannuserä on 2145 Liikunta- ja virkistyspaikkojen pintarakenteet, joiden osuus kustannuksista on 28 %, mutta päästöistä pienempi, 17 %. 2141 Sidotut päällysrakenteet ryhmä sisältää asfalttipäällysteet ja niiden osuus kustannuksista on 13 % ja päästöistä 23 %.

Taulukko 5-22. Puistohankkeiden päällysteiden ja pintarakenteiden kustannusten ja päästöjen jakautuminen InfraRYL rakennusosanimikkeistön mukaisesti.

InfraRYL ryhmä	Kustannukset (€)	%-€	Päästöt ($kgCO_2e$)	%-$kgCO_2e$
2141 Sidotut päällysrakenteet	467 530	12,5 %	200 400	23,0 %
2143 Ladottavat pintarakenteet	1 544 497	41,4 %	478 645	55,0 %
2144 Sitomattomat kulutuskerrokset	76 068	2,0 %	6 814	0,8 %
2145Liikunta- ja virkistyspaikkojen pintarakenteet	1 047 605	28,1 %	145 266	16,7 %
2146 Erityispintarakenteet	552 886	14,8 %	31 867	3,7 %
2149 Muut päällysteet ja pintarakenteet	45 763	1,2 %	7 762	0,9 %

Mikäli ladottavia pintarakenteita (InfraRYL ryhmä 2143) tarkastellaan tarkemmin, suurin kustannuserä on 2143.21 Luonnonkivilaatoitus, jonka osuus kustannuksista on 62 % ja päästöistä 43 % (Taulukko 5-23). Toiseksi suurin erä on 2143.22 Noppakiveys, joka kattaa 16 % kustannuksista ja 25 % päästöistä. Seuraavaksi merkittävin on 2143.23 Nupukiveys, jonka osuus on 14 % kustannuksista ja 14 % päästöistä. 2143.11 Betonikivipäällysteet vastaavat 5 % kustannuksista ja 14 % päästöistä.

Taulukko 5-23. Ladottavien pintarakenteiden (InfraRYL 2143) kustannukset ja päästöt.

InfraRYL ryhmät	Kustannukset (€)	%-€	Päästöt ($kgCO_2e$)	%-$kgCO_2e$
2143.11 Betonikivipäällysteet	71 096	4,6 %	68 432	14,3 %
2143.21 Luonnonkivilaatoitus	964 354	62,4 %	203 881	42,6 %
2143.22 Noppakiveys	243 265	15,8 %	121 727	25,4 %
2143.23 Nupukiveys	209 971	13,6 %	66 530	13,9 %
2143.24 Kenttäkiveys	51 036	3,3 %	16 908	3,5 %
2143.25 Liuskekiveykset	4 776	0,3 %	1 166	0,2 %

Järjestelmät (InfraRYL ryhmä 3000)

Järjestelmien osalta suurimmat kustannukset (41 %) ja päästöt (39 %) aiheutuvat sähkö-, tele- ja koneteknisistä järjestelmistä (Taulukko 5-24). Tähän kuuluvat puistojen valaistusrakenteet. Turvallisuusrakenteet ja ohjausjärjestelmät, johon kuuluu mm. opastekyltit ja ajoratamerkinnät

muodostavat ryhmän kustannuksista 37 % ja päästöistä 32 %. Vesihuollon järjestelmien osuus on 22 % kustannuksista ja päästöistä 29 %. Loput kustannuksista (0,1 %) aiheutuu lämmön- ja kaasunsiirtojärjestelmistä.

Taulukko 5-24. Puistohankkeiden järjestelmien kustannusten ja päästöjen jakautuminen InfraRYL rakennusosanimikkeistön mukaisesti.

InfraRYL ryhmä	Kustannukset (€)	%-€	Päästöt ($kgCO_2e$)	%-$kgCO_2e$
3100 Vesihuollon järjestelmät	684 209	22,2	149 008	29,4
3200 Turvallisuusrakenteet ja ohjausjärjestelmät	1 141 747	37,0	160 368	31,6
3300 Sähkö-, tele- ja konetekniset järjestelmät	1 257 435	40,7	197 570	39,0
3400 Lämmön- ja kaasunsiirtojärjestelmät	2 832	0,1	0	0,0

Viherrakenteet (InfraRYL ryhmä 2300)

Viherrakenteista suurimmat kustannukset (51 %) ja päästöt (76 %) muodostuvat kasvualustoista ja katteista. Ihku sisältää toistaiseksi rakennusosat vain tuotteistetuille kasvualustoille. Valmiita rakennusosia ei ole mm. kantavalle kasvualustalle, kierrätyskasvualustalle ja paikalla tehtävälle kasvualustalle. Istutukset puolestaan aiheuttavat viherrakenteiden kustannuksista 39 % ja päästöistä 24 %. Loput jäljelle jäävät kustannukset (10 %) ja päästöt (0,001 %) syntyvät nurmikko- ja niittyverhouksista.

Taulukko 5-25. Puistohankkeiden viherrakenteiden kustannusten ja päästöjen jakautuminen InfraRYL rakennusosanimikkeistön mukaisesti.

InfraRYL ryhmä	Kustannukset (€)	%-€	Päästöt ($kgCO_2e$)	%-$kgCO_2e$
2310 Kasvualustat ja katteet	1 240 311	51,1	486 241	76,1
2320 Nurmikko- ja niittyverhoukset	233 008	9,6	4	0,0
2330 Istutukset	952 113	39,3	152 981	23,9

5.2.4 Kalusteet puistohankkeissa

Kalusteita ja rakennelmia on mukana 14 puistohankkeessa. Kalustevalmistajilta (20 kpl) selvitettiin verkkosivujen ja/tai sähköpostikyselyn perusteella heidän tuotteidensa hiilijalanjälkitietoja ja vain kuudella valmistajalla oli olemassa valmiita hiilijalanjälkitietoja (Taulukko 5-26). Kyselyn perusteella osalla valmistajista on aikeissa tuottaa hiilijalanjälkilaskelmia tuotteistaan. Myös Ihkusta kalustetuotteiden (InfraRYL ryhmä 4600) hiilijalanjälkitietoja löytyy toistaiseksi rajallisesti. Tämän vuoksi puistohankkeiden kustannus- ja päästöanalyysista päädyttiin rajaamaan pois kalusteet.

Kalustevalmistajien tietojen saaminen oli työlästä, sillä tietoja valmistajista ei tavallisesti sisällytetä mukaan valmiiden puistosuunnitelmien leikki- ja toimintavälineluetteloihin. Näitä tietoja tiedusteltiin erikseen puistohankkeiden suunnittelijoilta kaupungin projektipäälliköiden kautta.

Taulukko 5-26. Selvitys kalustevalmistajien tuotteiden hiilijalanjälkitiedoista 05/2026.

Valmistaja	Kalustetyppi	Hiilijalanjälkitietojen selvityksen tilanne 05/2026
Omnigym (sis. Davidin laitteet)	Ulkokuntosalilaitteet	Ei valmiita hiilijalanjälkitietoja, mutta tavoitteena on tuottaa tietoja
Waffa	Ulkokuntosalilaitteet	Ei hiilijalanjälkitietoja

Valmistaja	Kalustetyppi	Hiilijalanjälkitietojen selvityksen tilanne 05/2026
Unisport	Urheiluvälineitä (mm. jalkapallomaalit)	Ei hiilijalanjälkitietoja
Liikuntamestarit	Pingispöytä	Ei vastausta
Vepe	Ulkokaukalo	Tuotteelle saatu hiilijalanjälkitiedot sähköpostitse
Maillith	Tenniksen lyöntiseinä	Ei vastausta
Kompan	Leikkivälineet	Hiilijalanjälkitiedot tuotteille löytyvät verkkosivuilta
Lappset	Leikkivälineet	Osalle tuotteista löytyy tietoja verkkosivuilta, mutta osalle ei ole tehty laskentaa
HAGS (maahantuoja J-Trading)	Leikkivälineet	Osalle tuotteista saatu hiilijalanjälkitiedot sähköpostitse
Richter Spielgeräte (maahantuoja J-Trading)	Leikkivälineet	Ei hiilijalanjälkitietoja, mutta tietoja luvattu selvittää
Leikkiset	Leikkivälineet	Ei valmiita hiilijalanjälkitietoja, mutta tavoitteena on tuottaa tietoja
Abau Design	Ulkokalusteet	Ei hiilijalanjälkitietoja
Vestre	Ulkokalusteet	Osalle tuotteista löytyy tietoja verkkosivuilta, mutta osalle ei ole tehty laskentaa.
Vitreo	Ulkokalusteet	Ei hiilijalanjälkitietoja
Michow & Sohn (maahantuoja Helsingin Pihaleikkiväline Oy)	Ulkokalusteet	Ei hiilijalanjälkitietoja
Elpac	Ulkokalusteet	Ei vastausta
Lehtovuori	Ulkokalusteet	Ei hiilijalanjälkitietoja
Harviala Oy (Envire)	Ulkokalusteet	Helsingin kaupunkikalusteiden puitesopimuskilpailutuksen yhteydessä on tuotettu hiilijalanjälkitietoja Extery Klaar tuotteille
Axxa Tech Oy	Laiturit ja pelastustarvikkeet	Ei vastausta
Molok Oy	Syväkeräyssäiliöt	Ei hiilijalanjälkitietoja kaupungin puitesopimustuotteille. Perustuotteille löytyy tiedot.

Kalusteiden päästötietojen suuruusluokan selvittämiseksi hanketasolla, kahdelle puistohankkeelle, Haakoninlahdenpuiston eteläosalle ja Mustapuron eteläosalle pyrittiin laskemaan auki kalusteiden päästöt. Päästötietoja täydennettiin kalustevalmistajien tuottamien hiilijalanjälkiselosteiden ja materiaalitietojen perusteella.

Haakoninlahdenpuiston eteläosa

Kalusteiden päästökerrointietoja on täydennetty Kompanin ympäristöselosteiden, HAGS:n tuotteiden materiaalitietojen ja Helsingin kaupunkikalustemalliston tuotekorttien hiilijalanjälkitietojen perusteella. Ilman hiilijalanjälkitietojen täydennystä Haakoninlahdenpuiston eteläosan kalusteiden päästöt olisivat olleet 4 756 kgCO_2e ja tietojen täydennyksen jälkeen päästöt ovat 20 521 kgCO_2e, eli yli nelinkertaiset. Kalusteiden osuus päästötietojen täydennyksen jälkeen on hankkeen kokonaispäästöistä (254 864 kgCO_2e) noin 8 %. Kalusteiden kustannukset ovat yhteensä 303 490 € ja niiden osuus kokonaiskustannuksista (1 332 974 €) on noin 23 %. Taulukoissa 5-27 ja 5-28 on esitetty kalusteiden päästö- ja kustannustietoja hankkeessa.

Taulukko 5-27. Yhteenveto Haakoninlahdenpuiston eteläosan kustannus- ja päästötiedoista ilman kalusteita ja kalusteiden kanssa.

Haakoninlahdenpuiston eteläosa	Kustannukset (€)	Päästöt ($kgCO_2e$)	kgCO2e/€
Ilman kalusteita	1 029 484	225 343	0,219
Kalusteiden kanssa	1 332 974	254 864	0,191

Taulukko 5-28. Haakoninlahdenpuiston eteläosan kalusteiden (InfraRYL ryhmä 4600) kustannus- ja päästötiedot. Sarakkeessa Täydennetty on merkitty (kyllä) rivit, joiden hiilijalanjälkitietoja on täydennetty materiaalivalmistajien tiedoilla.

Koodi	Rakennusosa	Tarkenne	Määrä	Yhteensä ($kgCO_2e$)	Yhteensä (€)	Täyden-netty
4621	Kaluste: Istuskelulava	–	4 kpl	1 200	16 000	ei
4621	Kalakyltti	–	12 kpl	840	6 000	ei
4621	Kaluste: 2 pisteen perustuksella, yksinkertainen | pyöräteline, 1-puoleinen, syväperustus, helppo	–	10 kpl	766	7 173	ei
4621	leikkivälineiden ja kalus-teiden asennus	–	1 erä	0	80 008	ei
4621	Kaluste: 2 pisteen perustuksella, yksinkertainen | penkki, syväperustus, pieni, helppo	Extery Klaar Wood -penkki	13 kpl	975	12 565	kyllä
4621	Kaluste: 7 pisteen perustuksella, monimutkainen | leikkivaruste: kiipeilyteline, kuutio, välitasolla, keskikokoinen, monimutkainen	Kompan Tornikiipeily Robinia NRO1001 (vain tuote, ei asennus)	1 kpl	855	13 551	kyllä
4621	Kaluste: 9 pisteen perustuksella, normaali | leikkivaruste: liukumäki, portaat katoksella, keskikokoinen, normaali	Kompan Green Line Leikkitorni tikapuilla PCM112321 (vain tuote, ei asennusta)	1 kpl	1 730	13 991	kyllä
4621	Kaluste: 9 pisteen perustuksella, normaali | leikkivaruste: liukumäki, portaat katoksella, keskikokoinen, normaali	Kompan Green Line Megadeck tuplaliukumäellä PCM100931 (vain tuote, ei asennusta)	1 kpl	1 489	13 651	kyllä
4621	Kaluste: 4 pisteen perustuksella, monimutkainen | leikkivaruste: hiekkalaatikko, keskikokoinen, monimutkainen	Hiekkalaatikko, de-taljisuunnitelmien mukaan	1 kpl	128	4 143	ei

Koodi	Rakennusosa	Tarkenne	Määrä	Yhteensä ($kgCO_2e$)	Yhteensä (€)	Täyden-netty
4621	Kaluste: 5 pisteen perustuksella, normaali | leikkivaruste: kiipeilyteline, kuutio, keskikokoinen, normaali	Kompan Kiipeilypiste M7021 (vain tuote, ei asennusta)	1 kpl	689	7 431	kyllä
4621	Kaluste: 8 pisteen perustuksella, yksinkertainen | leikkivaruste: kiipeilyteline, monikulmainen, keskikokoinen, helppo	Kompan Metsäjärven vene ilman lattiaa NRO520 (vain tuote, ei asennusta)	1 kpl	223	7 131	kyllä
4621	Kaluste: 4 pisteen perustuksella, normaali | leikkivaruste: kiipeilyteline, verkko, pieni, normaali	Kompan Vaappusilta Robinia NRO810 (vain tuote, ei asennusta)	1 kpl	175	3 050	kyllä
4621	Kaluste: 7 pisteen perustuksella, yksinkertainen | leikkivaruste: hiekkalaatikko, työtasolla, keskikokoinen, helppo	Kompan Green Line leikkimökki parvekkeella PCM002321 (vain tuote, ei asennusta)	1 kpl	676	6 481	kyllä
4621	Kaluste: 6 pisteen perustuksella, yksinkertainen | leikkivaruste: liukumäki, portaat, pieni, helppo	Kompan Liukumäki 1,5 m PCM302	1 kpl	283	3 040	kyllä
4621	Kaluste: 2 pisteen perustuksella, yksinkertainen | leikkivaruste: keinu, 2-paikkainen, suorat pilarit, helppo	Kompan Vauvakeinu Robinia NRO902 (vain tuote, ei asennusta)	2 kpl	144	4 225	kyllä
4621	Kaluste: 4 pisteen perustuksella, yksinkertainen | leikkivaruste: hiekkalaatikko, pieni, helppo	esteettömyyslauta hiekkalaatikolle	1 kpl	43	744	ei
4621	Kaluste: 1 pisteen perustuksella, normaali | leikkivaruste: jousikeinu, 1 hlö, normaali	Kompan Delfiini NRO111 (vain tuote, ei asennusta)	1 kpl	117	2 670	kyllä
4621	Kaluste: 1 pisteen perustuksella, normaali | leikkivaruste: jousikeinu, 1 hlö, normaali	Kompan Joutsen M174 (tuotehinta 1390e)	1 kpl	151	1 492	kyllä

Koodi	Rakennusosa	Tarkenne	Määrä	Yhteensä ($kgCO_2e$)	Yhteensä (€)	Täyden-netty
4621	Kaluste: 1 pisteen perustuksella, normaali | leikkivaruste: jousikeinu, 1 hlö, normaali	Kompan Springer Bowl ELE400066	1 kpl	145	1 492	kyllä
4621	Kaluste: 1 pisteen perustuksella, normaali | leikkivaruste: jousikeinu, 4 hlöä, normaali	Kompan Nelilehti M128	1 kpl	196	1 165	kyllä
4621	Kaluste: 1 pisteen perustuksella, normaali | leikkivaruste: karuselli, 1 hlö, normaali	Hags Spinmee es-teetön karuselli 8093902	1 kpl	731	623	kyllä
4621	Kaluste: 1 pisteen perustuksella, normaali | leikkivaruste: karuselli, 2 hlöä, normaali	Hags Pyöräkaruselli 8057315 (vain tuote, ei asennusta)	1 kpl	534	6 861	kyllä
4621	Kaluste: 1 pisteen perustuksella, normaali | leikkivaruste: kiikkulauta, 2 hlöä, normaali	Kompan Albatrossi M143 (vain tuote, ei asennusta)	1 kpl	458	2 450	kyllä
4621	Kaluste: 2 pisteen perustuksella, yksinkertainen | leikkivaruste: keinu, 2-paikkainen, suorat pilarit, helppo	Kompan keinuyhdistelmä 2 lauta, 1 pesä, Robinia NRO907 (vain tuote, ei asennusta)	1 kpl	447	5 321	kyllä
4621	Kaluste: 2 pisteen perustuksella, yksinkertainen | leikkivaruste: keinu, 2-paikkainen, suorat pilarit, helppo	Kompan Linnunpesäkeinu Robinia NRO906 (vain tuote, ei asennusta)	1 kpl	300	3 600	kyllä
4621	Kaluste: 1 pisteen perustuksella, yksinkertainen | leikkivaruste: kiipeilyteline, kiipeilytolppa, pieni, helppo, 1 pisteperustus	Kompan Kiipeilyverkko NRO834 (vain tuote, ei asennusta)	1 kpl	1 200	12 961	kyllä
4621	Kaluste: 1 pisteen perustuksella, yksinkertainen | pöytä, pieni, helppo, syväperustus	Kompan Lasten pöytä ja 4 istuintolppaa NRO212 (vain tuote, ei asennusta)	1 kpl	33	1 120	kyllä
4621	Syväkeräysastia, 1100–1500 l, yksikköhinnalla	–	3 kpl	0	13 806	ei
4621	Aurinkovarjo	Vitreo Nola, tuote, ei asennusta, rahtia	3 kpl	927	10 801	kyllä

Koodi	Rakennusosa	Tarkenne	Määrä	Yhteensä ($kgCO_2e$)	Yhteensä (€)	Täyden-netty
4621	Kaluste, ei perustusta | kaluste, pöytä ja penkit, vapaasti seisova, ei perustusta	Extery Klaar Wood -penkki ja Extery Klaar Steel -pöytä (pinta-asennus)	8 kpl	3 400	10 419	kyllä
4621	Roska-astia, 140 l, sis. jalusta, maakiinnitys, yksikköhinnalla	–	7 kpl	0	6 676	ei
4621	Leikkiväline pyöreä trampoliini	Kompan Pomppumatto JUM102 (vain tuote, ei asennusta)	1 kpl	668	5 291	kyllä
4621	Syväkeräysastia, 1100–1500 l, yksikköhinnalla	–	1 kpl	0	4 602	ei
4622	Kaluste, ei perustusta (vapaasti seisova)	–	2 kpl	0	3 510	ei
4621	Kaluste, ei perustusta | kaluste, pöytä ja penkit, vapaasti seisova, ei perustusta	Extery Klaar Wood -penkki ja Extery Klaar Steel -pöytä (pinta-asennus)	2 kpl	850	2 605	kyllä
4621	Kaluste, ei perustusta | kaluste, penkki, vapaasti seisova, ei perustusta	Extery Klaar Wood -penkki (pinta-asennus)	2 kpl	150	2 486	kyllä
4621	Kalaveistos	Fiskar, Glänta (vain tuote, ei asennusta)	1 kpl	0	2 000	ei
4621	Tuulipussitanko	sisältää tangon, maajalan, kehikon, akselin ja tuulipussin ja rahdin	1 kpl	0	965	ei
4621	Aurinkovarjon maahan ankkurointijalka	Vitreo Nola, tuote, ei asennusta, rahtia	3 kpl	0	735	ei
4622	Kaluste, 2 pisteperustus, normaali | Koulunpihamaali, 1200x60mm	–	2 kpl	0	638	ei
4622	Kaluste, ei perustusta (vapaasti seisova)	–	2 kpl	0	17	ei
–	–	–	– –	**20 521**	**303 490**	ei

Mustapuron eteläosan tulvatorjunta

Kalusteiden päästökerrointietoja on täydennetty Helsingin kaupunkikalustemalliston tuotekorttien hiilijalanjälkitietojen perusteella. Mustapuron eteläosan hankkeessa kalusteiden päästöt olisivat olleet 563 $kgCO_2e$ ja tietojen täydennyksen jälkeen päästöt ovat lähes kaksinkertaiset, 1 081 $kgCO_2e$. Kalusteiden päästöjen osuus päästötietojen täydentämisen jälkeen on hankkeen kokonaispäästöistä (1 366 209 $kgCO_2e$) vain noin 0,1 %. Kalusteiden kustannukset ovat yhteensä 33 225 €, mikä puolestaan vastaa noin 1,2 % osuutta hankkeen kokonaiskustannuksista (2 695 788 €). Taulukoissa 5-29 ja 5-30 on esitetty kalusteiden päästö- ja kustannustietoja hankkeessa.

Taulukko 5-29. Yhteenveto Mustapuron eteläosan tulvatorjunnan kustannus- ja päästötiedoista ilman kalusteita ja kalusteiden kanssa.

Mustapuron eteläosan tulvatorjunta	Kustannukset (€)	Päästöt ($kgCO_2e$)	$kgCO2e/€$
Ilman kalusteita	2 662 563	1 365 128	0,513
Kalusteiden kanssa	2 695 788	1 366 209	0,507

Taulukko 5-30. Mustapuron eteläosan kalusteiden (InfraRYL ryhmä 4600) kustannus- ja päästötiedot. Sarakkeessa Täydennetty on merkitty (kyllä) rivit, joiden hiilijalanjälkitietoja on täydennetty materiaalivalmistajien tiedoilla.

Koodi	Rakennusosa	Tarkenne	Määrä	Yhteensä ($kgCO_2e$)	Yhteensä (€)	Täyden-netty
4622	Aurinkotuoli	Loviisa Lokki (päästökerroint-ietona käytetty Extery Klaar Wood -penkkiä)	5 kpl	375	7 450	kyllä
4621	Syväkeräysastia, 1100–1500 l, yksikköhinnalla	–	1 kpl	0	4 400	ei
4621	Kaluste: 2 pisteen perustuksella, normaali | penkki, syväperustus, normaali	Aurinkotuolien asennus	5 kpl	256	6 995	ei
4621	Kaluste: 2 pisteen perustuksella, normaali | penkki, syväperustus, normaali	Penkki, selkänojallinen D3 HKI Peruspenkki (päästökerroint-ietona käytetty Extery Klaar Wood -penkkiä)	3 kpl	225	4 197	kyllä
4621	Kaluste: 2 pisteen perustuksella, normaali | penkki, syväperustus, normaali	Selkänojallinen D3 HKI Peruspenkki, vasemmalla väli-käsinojalla (päästökerroint-ietona käytetty Extery Klaar Wood -penkkiä)	2 kpl	150	2 798	kyllä
4621	Kaluste: 2 pisteen perustuksella, normaali | penkki, syväperustus, normaali	D5 HKI Metsäpenkki betonilaatta-perustus (päästökerroint-ietona käytetty Extery Klaar Wood -penkkiä)	1 kpl	75	1 399	kyllä
4621	Roska-astia, 140 l, sis. jalusta, maakiinnitys, yksikköhinnalla	Siirrettävä	2 kpl	0	1 824	ei
4621	Lahopuu oksia, ns. 'risuaita'	Paikalla kaadet-tavista puista	2 kpl	0	1 000	ei
4621	Roska-astia, 140 l, sis. jalusta, maakiinnitys, yksikköhinnalla	H1 HKI roska-astia	1 kpl	0	912	ei

Koodi	Rakennusosa	Tarkenne	Määrä	Yhteensä ($kgCO_2e$)	Yhteensä (€)	Täyden-netty
4621	Lahopuunippu	Lahopuu samasta urakasta, työn osuus	3 kpl	0	900	ei
4621	Eroosiosuojamatto	Uomaan puhkaistavien ojien eroosiosuojaukseen . Eroosiosuojamatto, Covamat Plus, tyyppi 3, sis. siemenseokset ja asennuksen	50 m2	0	750	ei
4621	Lahopuunippu	–	2 kpl	0	600	ei
–	–	–	– –	**1 081**	**33 225**	ei

5.2.5 Valaistus puistohankkeissa

Valaistusjärjestelmiä on mukana 10 puistohankkeessa. Hankkeiden Ihku-laskelmille valaistus on syötetty kokonaisuudessaan erä- tai kappalekohtaisesti, eikä valaistussuunnitelmiin kuuluvia yksittäisiä rakennusosia ole eroteltu laskelmille. Hankkeiden suunnitelma-aineistoista löytyvien valaistussuunnitelmien avulla päästiin kuitenkin kiinni valaistukseen kuuluviin tarvikkeisiin ja sitä kautta pystyttiin arvioimaan päästöt.

Tyypillisesti puistohankkeiden valaistussuunnitelmiin kuuluu valaisinpylväitä, maakaapelia, kaapelin suojaputkea ja maadoituskuparia (Taulukko 5-31). Päästöt valaistussuunnitelmien tarvikkeille laskettiin Ihkulla, mutta päästötietoja täydennettiin etenkin maakaapeleiden ja pylväiden osalta kaapelivalmistajien ympäristö- ja hiilijalanjälkiselosteiden avulla. Ilman päästötietojen täydennystä valaistuksen päästöt kaikkien hankkeiden otannassa olisivat olleet noin 12 626 $kgCO_2e$ ja päästötietojen täydennyksen jälkeen valaistuksen päästöt ovat 197 570 $kgCO_2e$ eli noin 16-kertaiset. Tämä vastaa kaikkien hankkeiden kokonaispäästöistä noin 2 %. Valaistuksen kustannukset ovat 1 257 435, mikä vastaa kaikkien hankkeiden kokonaiskustannuksista noin 6 %.

Taulukko 5-31. Esimerkki puistohankkeen valaistussuunnitelmaan sisältyvistä tyypillisistä tarvikkeista (valaistussuunnitelman tarvikeluettelo).

Tarvike	Määrä
Tyvestä saranoitu kartiopylväs laipalla 220x220 reikäväli 160x160, h=5m, latvahalkaisija = 60mm, tyyppipiir. SU1-989, RAL7021	8 kpl
Saranapylvään suojamansetti, tyyppipiir. SU1-926, RAL7021	8 kpl
Matala jalusta, tyyppipiir. 4SU1-144	8 kpl
C2 SmartLumo Z -ohjain (musta/harmaa) + ohjelmointi	8 kpl
Maakaapeli AXMK 4x25S	380 m
Suojaputki MP110, SN16, Tripla, keltainen, sinisellä 10mm raidalla	340 m
Maadoituskupari Cu16	25 m

6 Katuhankkeiden kustannus- ja päästövähennyspotentiaali

Tässä raportissa käsiteltävät tutkimuskysymykset katuhankkeiden kustannus- ja päästövähennyspotentiaalista on rajattu katurakentamisen panosvalintoihin. Tutkimuskysymykset ovat:

- Mitkä ovat päästövähennysten kustannukset tämänhetkisissä katuhankkeissa?
- Mitkä hankkeet ja toimenpiteet tarjoavat päästövähennyksiä matalimmalla kustannuksella?

Projektin tuloksena on tuotettu kustannusarviot päästöjen vähentämiselle eri katuhankkeissa. Tuloksena saatiin marginaali- ja keskiarvokustannukset eri hankkeiden päästövähennystoimenpiteille. Tuloksien avulla voidaan muodostaa alustava priorisointilista hankkeille ja toimenpiteille kulujen minimoimiseksi.

6.1 Tulokset hanketasolla

Taulukko 6-1 esittelee valittujen hankkeiden maksimipäästövähennyspotentiaalit ja kustannukset. Taulukosta nähdään, että suhteellinen maksimi kustannus- ja päästövähennyspotentiaali vaihtelee suuresti projektien välillä 12% - 59%, kuten myös vastaavat kustannukset -288 € / tCO_2e – 1 166 € / tCO_2e. Taulukosta voidaan siis huomata, että joillakin päästövähennyksillä voidaan myös vähentää kustannuksia nykyisestä tasosta.

Taulukko 6-1. Katuhankkeiden päästövähennyspotentiaalit ja kustannukset.

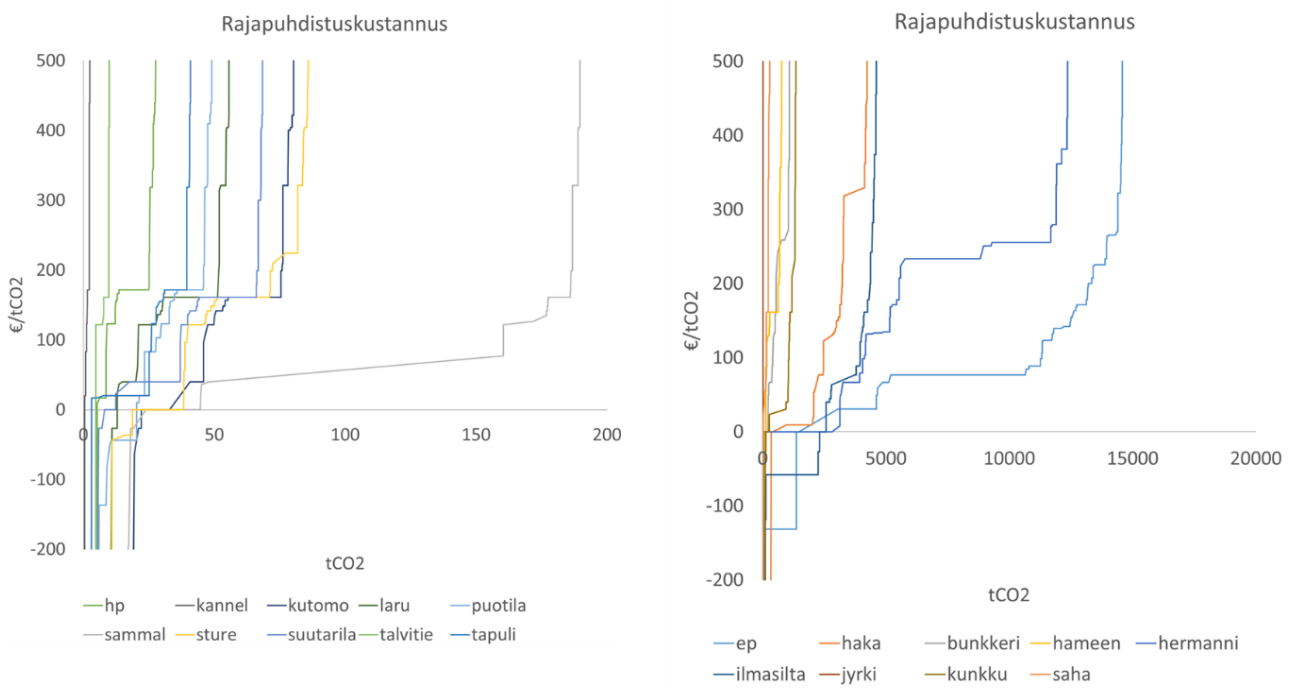
Hanke	Tunnus	Hanke-tyyppi	Pohjan-vahvis-tus	Nykyi-nen taso (tCO2e)	Maks. vähen-nys (tCO2)	Maks. vähen-nys (%)	Maks. vähennys kustannus (€)	Maks. kustan-nus €/tCO2e
Eteläinen Postipuisto	ep	Uudis-rakenta-minen	Kyllä	29 388	15362	52 %	3 839 138 €	250 €
Hakaniemen hotelli-tontti esirakent-aminen ja John Stenberginranta	haka	Uudis-rakenta-minen	Ei	10 015	4375	44 %	1 434 912 €	328 €
Hämeentien ja Päijänteentien risteysalue	hp	Perus-paranta-minen	EI	143	29	20 %	3 534 €	121 €
Kanneltien suojateiden paranta-minen	kannel	Perus-paranta-minen	Ei	12	3	21 %	177 €	68 €
Puotilan ostosk-eskuksen kadut	puotila	Perus-paranta-minen	Ei	191	58	30 %	26 512 €	458 €

Hanke	Tunnus	Hanke-tyyppi	Pohjan-vahvis-tus	Nykyi-nen taso (tCO2e)	Maks. vähen-nys (tCO2)	Maks. vähen-nys (%)	Maks. vähennys kustannus (€)	Maks. kustan-nus €/tCO2e
Bunkkerinaukio	bunkkeri	Uudis-rakenta-minen	Kyllä ja Ei	2 633	1134	43 %	295 161 €	260 €
Päästölaskenta Ilmasillantien eteläosa ja Tattariharjuntien ympäristö	ilmasilta	Uudis-rakenta-minen	Kyllä	9 288	4740	51 %	624 551 €	132 €
Hermanninranta	hermanni	Uudis-rakenta-minen	Kyllä	25 152	12943	51 %	3 994 267 €	309 €
Sturenkatu välillä Helsinginkatu-Wallininkatu	sture	Perus-paranta-minen	Ei	319	91	29 %	20 267 €	223 €
Vanha talvitie välillä Työpajankatu–Hermannin rantatie	talvitie	Uudis-rakenta-minen	Ei	83	10	12 %	-2 965 €	-288 €
Sammalpolku	sammal	Uudis-rakenta-minen	Ei	335	199	59 %	53 467 €	268 €
Hämeentie v Kustaa Vaasan tie - Annalantie	hameen	Perus-paranta-minen	Ei	4 730	929	20 %	874 028 €	941 €
Jyrkinkuja	jyrki	Perus-paranta-minen	Ei	15	4	26 %	1 065 €	277 €
Kuninkaantammen-tien ympäristö	kunkku	Uudis-rakenta-minen	Ei	2 838	1402	49 %	344 119 €	246 €
Kutomotien alueen kadut	kutomo	Uudis-rakenta-minen	Ei	340	86	25 %	8 532 €	99 €
Lauttasaarentie välillä Isokaari - Ruukinlahdentie	laru	Perus-paranta-minen	Ei	244	59	24 %	9 507 €	162 €
Sahamyllynrinne, Hernepellontie, Sa-hamyllyntie	saha	Uudis-rakenta-minen	Ei	1 538	375	24 %	436 665 €	1 166 €
Suutarilantien alue	suutarila	Uudis-rakenta-minen	Ei	240	72	30 %	19 163 €	268 €
Tapulikaupungintien pohjoispuolen kadut	tapuli	Perus-paranta-minen	Ei	165	41	25 %	1 672 €	40 €

Jotta voidaan ymmärtää paremmin millä panosvalinnoilla päästövähennykset kannattaa tehdä, on tarkasteltava eri panosvalintojen päästövähennysvaikutuksia ja kustannuksia hankkeiden sisällä. Kuvassa 6-1 on kuvattu kaikkien hankkeiden rajapuhdistuskustannukset alueittain. Kuvassa 6-1 x-akseli kuvaa puhdistuksen määrää ja y-akseli vastaavaa rajapuhdistuskustannusta.

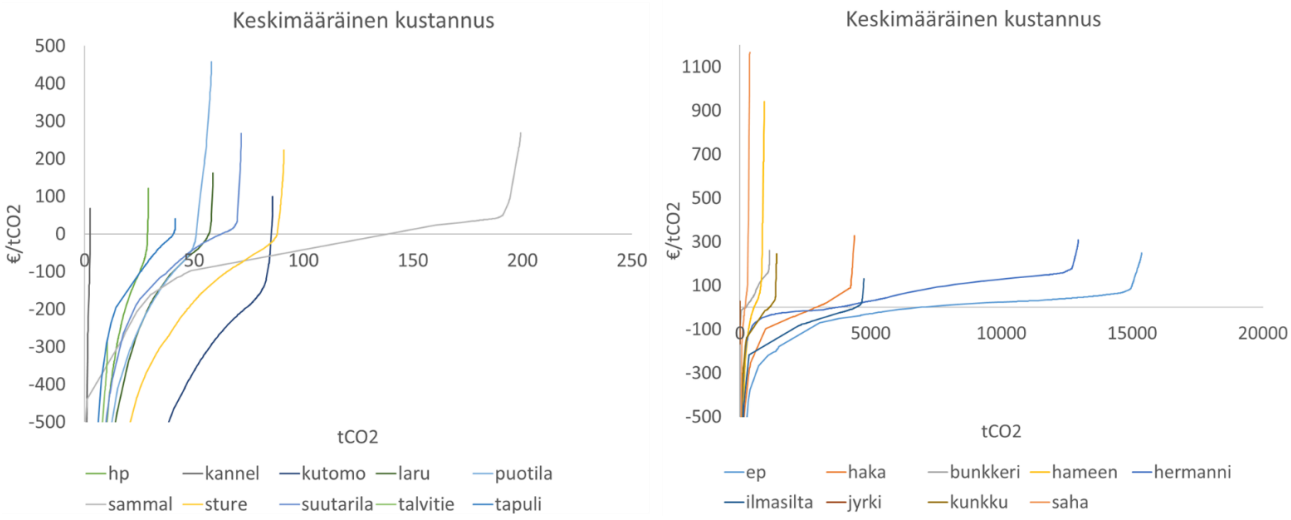
Rajapuhdistuskustannus kertoo, kuinka paljon lisäkustannuksia koituu, jos halutaan puhdistaa vielä yksi hiilidioksiditonni pois päästöistä. Kaikkien hankkeiden osalta käyrät näyttävät odotetun

kaltaisilta - mitä enemmän päästöjä vähennetään, sitä kalliimmaksi lisävähennykset tulevat. Ensimmäiset vähennykset ovat mallinnuksen perusteella jopa kuluja laskevia. Viimeiset vähennykset ovat hyvin kalliita, mikä voidaan huomata pystysuorista käyristä. Tämä tarkoittaa, että viimeisiin valintoihin ei kannata joka hankkeessa ryhtyä ennen kuin halvemmat toimenpiteet on tehty muualla.



Kuva 6-1. Hankkeiden päästövähennysten rajapuhdistuskustannukset.

Kuvassa 6-2 on esitelty keskimääräiset kustannukset eri päästövähennystasoille. Käyrien päätepisteet kuvaavat maksimaalisen päästövähennyspotentiaalin keskimääräistä kustannusta, jotka esiteltiin myös Taulukossa 6-1. Kuvasta voidaan huomata, että lähes kaikissa hankkeissa käyrä saa aluksi negatiivisia arvoja ja ylittää x-akselin vasta tietyllä päästövähennystasolla. Tämä leikkauspiste, jossa keskimääräinen kustannus on nolla, on päästövähennyksen taso joka voidaan saavuttaa ilman, että hankkeen kokonaiskustannukset nousevat. Taulukko 6-2 listaa niin sanotut maksimaaliset ”no-regret” päästövähennystasot joka hankkeelle, joilla kokonaiskustannukset eivät nouse. Nämä toimenpiteet tekemällä voitaisiin tarkastelujen hankkeiden kokonaispäästöjä laskea 20 048 tCO_2, eli 23 % BAU-tasosta.



Kuva 6-2. Hankkeiden päästövähennysten keskimääräiset kustannukset.

Taulukko 6-2. Hankkeiden "no-regret" toimenpiteiden vaikutus.

Hanke	Päästövähennys (tCO2)	Päästövähennys (%)
Eteläinen Postipuisto	6 520	22 %
Hakaniemen hotellitontti esirakentaminen ja John Stenberginranta	2 894	29 %
Hämeentien ja Päijänteentien risteysalue	29	20 %
Kanneltien suojateiden parantaminen	3	21 %
Puotilan ostoskeskuksen kadut	51	27 %
Päästölaskenta, Bunkkerinaukio	225	9 %
Ilmasillantien eteläosa ja Tattariharjuntien ympäristö	4 429	48 %
Hermanninranta	3 680	15 %
Sturenkatu välillä Helsinginkatu-Wallininkatu	88	28 %
Vanha talvitie välillä Työpajankatu–Hermannin rantatie	10	12 %
Sammalpolku	49	15 %
Hämeentie v Kustaa Vaasan tie - Annalantie	532	11 %
Jyrkinkuja	3	20 %
Kuninkaantammentien ympäristö	1 123	40 %
Kutomotien alueen kadut	85	25 %
Lauttasaarentie välillä Isokaari - Ruukinlahdentie	57	23 %
Sahamyllynrinne, Hernepellontie, Sahamyllyntie	170	11 %
Suutarilantien alue	62	26 %
Tapulikaupungintien pohjoispuolen kadut	41	25 %
Yhteensä	**20 048**	**23 %**

Taulukko 6-3 esittelee päästövähennyspotentiaalin tilastollisia tunnuslukuja ryhmiteltynä hanketyypin ja pohjanvahvistuksen mukaan. Korkein keskimääräinen päästövähennyspotentiaali esiintyy ryhmässä "Uudisrakentaminen, on pohjanvahvistuksia", jossa keskiarvo on 49 % ja mediaani 51 %. Ryhmässä "Uudisrakentaminen, ei pohjanvahvistuksia" keskiarvo on 32 % ja mediaani 28 %. Alhaisin potentiaali on ryhmässä "Perusparantaminen, ei pohjanvahvistuksia", jossa keskiarvo on 24 % ja mediaani 25 %.

Perusparantamiskohteissa ilman pohjanvahvistuksia: päästövähennykset muodostuvat pääosin päällysteistä ja pintarakenteista (mm. asfaltit ABK ja AB, luonnonkivet) sekä päällysrakenteen sitomattomien kerroksien materiaaleista. Uudisrakentamiskohteissa päästövähennyspotentiaali muodostuu yhtä lailla samoista panoksista kuin perusparantamishankkeissa, mutta näissä kohteissa esiintyy enemmän tuotteita kuten betoniputkia ja teräspalkkeja. Uudisrakentamiskohteet,

joissa tehdään pohjanvahvistuksia korostuu edellä mainittujen lisäksi myös pohjanvahvistuksiin käytettävät panokset, kuten teräsputkipaalut ja niihin liittyvät tuotteet (jatkokset, kalliokärjet yms.).

Tuloksia arvioitaessa on huomioitava, että ryhmäkohtaisesti pienet otoskoot (N=5–8) lisäävät tulosten tilastollista epävarmuutta, ja havaintojen varmentaminen edellyttää jatkotutkimusta laajemmalla aineistolla erityisesti eri pohjanvahvistusmenetelmien päästövähenemien arvioinnissa. Esimerkiksi tarkasteltavassa aineistossa ei ole mukana syvästabiloitavia kohteita, joissa saavutettavat päästö- ja kustannusvähennykset voivat olla erittäin merkittäviä.

Taulukko 6-3. Päästövähennyspotentiaalin (PVP-%) tilastolliset tunnusluvut ryhmiteltynä hanketyypin ja pohjanvahvistuksen mukaan

Max % PVP eri hanketyypeissä	Perusparantaminen, ei pohjanvahvistuksia	Uudisrakentaminen, ei pohjanvahvistuksia	Uudisrakentaminen, on pohjanvahvistuksia
Lukumäärä	8	6	5
Keskiarvo	24 %	32 %	49 %
Keskihajonta	4 %	17 %	4 %
Minimi	20 %	12 %	43 %
25%	21 %	24 %	49 %
Mediaani (50 %)	25 %	28 %	51 %
75%	27 %	41 %	51 %
Maksimi	30 %	59 %	52 %

Taulukko 6-4 esittelee kymmenen halvinta päästövähennystoimenpidettä joka hankkeesta, toimenpiteet on esitetty halvimmasta lähtien. Taulukosta voidaan huomata, että halvimpien toimenpiteiden joukossa korostuvat asfalttimassat, betoni ja murskeet. Taulukon ulkopuolelta voidaan todeta, että käyttövoimien osalta biopolttoaineeseen tai kaasuun vaihtaminen näyttäytyy halvempana kuin sähkö. Vähähiilisten toimenpiteiden paremmuusjärjestys kuitenkin vaihtelee hankkeittain, riippuen mm. hankkeen mukaan vaihtelevista kustannustasoista. Tarkempi analyysi ja täydellisten toimenpidelistojen muodostaminen per hanke vaatii tietojen päivittämistä ja tarkistamista.

Taulukko 6-4. Halvimmat päästövähennyskohteet per hanke

Eteläinen Postipuisto	Hakaniemen hotellitontti esirakentaminen ja John Stenberginranta
paaluhattu d140, porapaalu	asfalttimassa: kantavan kerroksen asfalttibetoni ABK 31
paalujatkos, porapaalu/teräspaalu d140/10	asfalttimassa: asfalttibetoni AB 8
putki, betoniputki 800 mm, Br	asfalttimassa: asfalttibetoni AB 22
asfalttimassa: kantavan kerroksen asfalttibetoni ABK 22	putki, betoniputki 1600 mm, Br
asfalttimassa: kantavan kerroksen asfalttibetoni ABK 31	louhe, raakalouhe, halkaisija > 600 mm
betonikivi 80 mm, musta, sileä	paalu, porapaalu d500/14,2 (172,9 kg/m)
asfalttimassa: asfalttibetoni AB 8	paalu, porapaalu d170/12,5 (48 kg/m)
asfalttimassa: asfalttibetoni AB 11	pumppaus, betonipumppu
asfalttimassa: asfalttibetoni AB 16	putki, betoniputki 500 mm, Dr
putki, betoniputki 400 mm, Dr	teräspalkki, HEB 300 mm, 117 kg/m, väliaikainen (käyttöaste 40%)

Puotilan ostoskeskuksen kadut	Bunkkerinaukio
asfalttimassa: kantavan kerroksen asfalttibetoni ABK 22	asfalttimassa: kantavan kerroksen asfalttibetoni ABK 22
asfalttimassa: asfalttibetoni AB 8	murske, kalliomurske, KaM 0/16
asfalttimassa: asfalttibetoni AB 11	murske, kalliomurske, KaM 0/90
asfalttimassa: asfalttibetoni AB 16	sepeli, 16/32
asfalttimassa: asfalttibetoni AB 22	hiekka, suodatinhiekka
betonikivi 80 mm, valkoinen, sileä	murske, kalliomurske, KaM 0/32
betonikivi 80 mm, punainen, sileä	murske, kalliomurske, KaM 0/63
noppakivi, graniitti, 140 × 140 × 140 mm, isonoppakivi, poltettu (musta, valmistusmaa: Kiina)	kärki, kalliokärki d170/10
betonikivi 80 mm, musta	paalu, teräsputkipaalu d170/10 (39 kg/m), sis. jatkos
betonikivi 80 mm, harmaa, sileä	paaluhattu d170, teräsputkipaalu

Sturenkatu välillä Helsinginkatu-Wallininkatu	Vanha talvitie välillä Työpajankatu–Hermannin rantatie
asfalttimassa: kantavan kerroksen asfalttibetoni ABK 31	asfalttimassa: asfalttibetoni AB 11
asfalttimassa: asfalttibetoni AB 11	asfalttimassa: asfalttibetoni AB 16
asfalttimassa: asfalttibetoni AB 22	kuorma-auto, asfaltin kuljetus (nuppi), sis. kuljettaja
asfalttimassa: kivimastiksiasfaltti SMA 16	asfaltinlevitin, iso, sis. kuljettaja ja perämies
betonikivi 80 mm, harmaa, sileä	kasteluauto, kuorma-auto ja säiliö, sis. kuljettaja
murske, kalliomurske, KaM 0/56	kaivinkone, KKH 17–21 t, sis. kuljettaja
murske, kalliomurske, KaM 0/16	kaivinkone, KKH 17–21 t, sis. apulaitteet ja kuljettaja
sora 0/16	kuorma-auto, KA ja kuormausnosturi, sis. kuljettaja
murske, kalliomurske, KaM 0/90	asfalttijyrä, sis. kuljettaja
murske, kalliomurske, KaM 0/63	jalusta, 700 mm, betoni

Hämeentien ja Päijänteentien risteysalue	Kanneltien suojateiden parantaminen
asfalttimassa: kantavan kerroksen asfalttibetoni ABK 22	asfalttimassa: kantavan kerroksen asfalttibetoni ABK 22
murske, kalliomurske, KaM 0/16	asfalttimassa: asfalttibetoni AB 8
murske, kalliomurske, KaM 0/90	asfalttimassa: asfalttibetoni AB 16
sepeli, 16/32	asfalttimassa: asfalttibetoni AB 22
hiekka, suodatinhiekka	murske, kalliomurske, KaM 0/16
murske, kalliomurske, KaM 0/32	murske, kalliomurske, KaM 0/90
murske, kalliomurske, KaM 0/63	murske, kalliomurske, KaM 0/32
kärki, kalliokärki d170/10	kuorma-auto, asfaltin kuljetus (nuppi), sis. kuljettaja
paalu, teräsputkipaalu d170/10 (39 kg/m), sis. jatkos	täryjyrä, JT 06, sis. kuljettaja
paaluhattu d170, teräsputkipaalu	tiehöylä, TH 14–18, sis. kuljettaja

Ilmasillantien eteläosa ja Tattariharjuntien ympäristö	Hermanninranta
asfalttimassa: kantavan kerroksen asfalttibetoni ABK 22	putki, betoniputki 400 mm, Dr
asfalttimassa: kantavan kerroksen asfalttibetoni ABK 31	asfalttimassa: kantavan kerroksen asfalttibetoni ABK 22
asfalttimassa: asfalttibetoni AB 8	asfalttimassa: kantavan kerroksen asfalttibetoni ABK 31
asfalttimassa: asfalttibetoni AB 11	putki, betoniputki 600 mm, Dr
asfalttimassa: asfalttibetoni AB 16	asfalttimassa: asfalttibetoni AB 8
asfalttimassa: kivimastiksiasfaltti SMA 16	asfalttimassa: asfalttibetoni AB 16
murske, kalliomurske, KaM 0/32	murske, kalliomurske, KaM 0/56
paaluhattu d170, teräsputkipaalu	hiekka, suodatinhiekka
paaluhattu d220, porapaalu	murske, kalliomurske, KaM 0/32
vaahtolasimurske	louhe, raakalouhe, halkaisija 400–600 mm

Sammalpolku	Hämeentie v Kustaa Vaasan tie - Annalantie
asfalttimassa: asfalttibetoni AB 11	asfalttimassa: kantavan kerroksen asfalttibetoni ABK 22
murske, kalliomurske, KaM 0/32	asfalttimassa: kantavan kerroksen asfalttibetoni ABK 31
vaahtolasimurske	putki, betoniputki 800 mm, Br
louhe, raakalouhe, halkaisija 400–600 mm	asfalttimassa: asfalttibetoni AB 8
murske, kalliomurske, KaM 0/16	asfalttimassa: asfalttibetoni AB 22
reunakivi, graniitti, suora, 170 × 270 mm, V170 (harmaa, valmistusmaa: Kiina)	putki, suojaputki, 406,4 × 6,3 mm (62,2 kg/m), teräs
betonikivi 80 mm, punamusta, sileä	putki, suojaputki, 323,9 × 5,6 mm (44 kg/m), teräs
murske, kalliomurske, KaM 0/56	putki, suojaputki, 273,0 × 5,0 mm (33 kg/m), teräs
lämmöneriste 50 mm, XPS 300	murske, kalliomurske, KaM 0/32
teräspalkki, HEB 320 mm, 127 kg/m, väliaikainen (käyttöaste 40%)	putki, betoniputki 600 mm, B

Jyrkinkuja	Kuninkaantammentien ympäristö
asfalttimassa: kantavan kerroksen asfalttibetoni ABK 22	asfalttimassa:
asfalttimassa: asfalttibetoni AB 8	murske, kalliomurske, KaM 0/32
asfalttimassa: asfalttibetoni AB 16	vaahtolasimurske
murske, kalliomurske, KaM 0/32	louhe, raakalouhe, halkaisija 400–600 mm
murske, kalliomurske, KaM 0/16	murske, kalliomurske, KaM 0/16
murske, kalliomurske, KaM 0/90	murske, kalliomurske, KaM 0/8
kuorma-auto, asfaltin kuljetus (nuppi), sis. kuljettaja	murske, kalliomurske, KaM 0/56
kasteluauto, kuorma-auto ja säiliö, sis. kuljettaja	teräspalkki, HEB 280 mm, 103 kg/m
täryjyrä, JT 06, sis. kuljettaja	putki, suojaputki d127/6,3 (18,7 kg/m), teräs
kaivinkone, KKH 17–21 t, sis. kuljettaja	betonikivi 80 mm, valkoinen, sileä

Kutomotien alueen kadut	Lauttasaarentie välillä Isokaari - Ruukinlahden-tie
noppakivi, graniitti, 140 × 140 × 140 mm, isonoppakivi, poltettu (musta, valmistusmaa: Kiina)	asfalttimassa: kantavan kerroksen asfalttibetoni ABK 22
noppakivi, graniitti, 140 × 140 × 140 mm, isonoppakivi, poltettu (valkoinen, valmistusmaa: Kiina)	asfalttimassa: kantavan kerroksen asfalttibetoni ABK 31
asfalttimassa: kantavan kerroksen asfalttibetoni ABK 22	asfalttimassa: kivimastiksiasfaltti SMA 16
asfalttimassa: asfalttibetoni AB 8	murske, kalliomurske, KaM 0/32
asfalttimassa: asfalttibetoni AB 11	murske, kalliomurske, KaM 0/16
asfalttimassa: asfalttibetoni AB 16	murske, kalliomurske, KaM 0/150
murske, kalliomurske, KaM 0/32	murske, kalliomurske, KaM 0/63
sepeli, 16/32	murske, kalliomurske, KaM 0/90
murske, kalliomurske, KaM 0/16	kaivinkone, KKH ja iskupora, sis. kuljettaja
murske, kalliomurske, KaM 0/8	betoni, C25/30, P0, # 32 mm, S2

Sahamyllynrinne, Hernepellontie, Sahamyllyntie	Suutarilantien alue
asfalttimassa: kantavan kerroksen asfalttibetoni ABK 22	asfalttimassa: kantavan kerroksen asfalttibetoni ABK 22
asfalttimassa: kantavan kerroksen asfalttibetoni ABK 31	asfalttimassa: asfalttibetoni AB 8
asfalttimassa: asfalttibetoni AB 8	asfalttimassa: asfalttibetoni AB 16
asfalttimassa: asfalttibetoni AB 16	murske, kalliomurske, KaM 0/32
asfalttimassa: asfalttibetoni AB 22	murske, kalliomurske, KaM 0/16
murske, kalliomurske, KaM 0/32	murske, kalliomurske, KaM 0/56
betonikaivon teleskooppiputki, Ø = 600 mm, h = 750 mm	laatta, betonilaatta, 80 mm, harmaa, sileä
betonikivi 80 mm, harmaa, sileä	murske, kalliomurske, KaM 0/8
murske, kalliomurske, KaM 0/150	betonikivi 80 mm, ruskea, sileä
murske, kalliomurske, KaM 0/90	putki, betoniputki 300 mm, Dr

Tapulikaupungintien pohjoispuolen kadut
asfalttimassa: kantavan kerroksen asfalttibetoni ABK 31
asfalttimassa: asfalttibetoni AB 16
murske, kalliomurske, KaM 0/56
murske, kalliomurske, KaM 0/90
murske, kalliomurske, KaM 0/32
kuorma-auto, asfaltin kuljetus (nuppi), sis. kuljettaja
asfaltinlevitin, iso, sis. kuljettaja ja perämies
täryjyrä, JT 06, sis. kuljettaja
tiehöylä, TH 14–18, sis. kuljettaja
kasteluauto, kuorma-auto ja säiliö, sis. kuljettaja

7 Yhteenveto

Ihku-kustannuslaskentajärjestelmän ja kansallisen päästötietokannan tietoja yhdistämällä voidaan muodostaa aiempaa tarkempi kuva infrahankkeiden päästöjen ja kustannusten muodostumisesta. Menetelmä tarjoaa lupaavan pohjan Helsingin kaupungin infrarakentamisen päästöohjaukselle, erityisesti silloin kun tavoitteena on tunnistaa suunnitteluvaiheessa ne rakennusosat, materiaalit ja panosvalinnat, joihin vaikuttamalla voidaan saavuttaa suurimmat ja kustannustehokkaimmat päästövähennykset.

Katuhankkeiden tulokset korostavat, että päästöohjauksen kannalta keskeisimmät vaikutusmahdollisuudet liittyvät materiaaleihin, pohjanvahvistuksiin sekä maa-, pohja- ja kalliorakentamisen ratkaisuihin. Pohjanvahvistuksia sisältävät uudisrakentamishankkeet erottuvat selvästi päästöintensiivisimpinä kohteina, mutta samalla ne tarjoavat myös suurimman päästövähennyspotentiaalin. Tavanomaisissa perusparannushankkeissa päästöintensiteetti ja vähennyspotentiaali ovat keskimäärin pienempiä, jolloin ohjaus kannattaa kohdistaa erityisesti toistuviin materiaalivalintoihin, kuten asfalttimassoihin, murskeisiin ja päällysrakenteisiin.

Puistohankkeiden tarkastelu osoittaa, että puistorakentamisen päästö- ja kustannustiedon hyödyntäminen on mahdollista, mutta nykyinen aineisto ei vielä mahdollista yhtä kattavaa analyysia kuin katuhankkeissa. Erityisesti mm. kalusteiden, valaistuksen ja käyttäjän itse syöttämien rakennusosien päästötiedoissa on merkittäviä puutteita. Tämä tarkoittaa, että puistohankkeiden tuloksia tulee tulkita katuja varovaisemmin, ja jatkossa puistorakentamisen päästöohjaus edellyttää tuotetietojen ja laskentakäytäntöjen systemaattista kehittämistä.

Päästövähennyspotentiaalin mallinnus osoittaa, että osa vähähiilisistä ratkaisuista voi olla kustannusneutraaleja tai jopa kustannuksia alentavia. Tämä on selvityksen kannalta keskeinen havainto, sillä se osoittaa, että päästövähennykset eivät kaikissa tapauksissa edellytä lisärahoitusta, vaan osa niistä voidaan toteuttaa panosvalintoja muuttamalla. Takaisinlaskennan perusteella hankkeiden kannalta tehokkaimmat päästö- ja kustannusvähennysratkaisut liittyivät materiaalivalintojen osalta erityisesti asfalttimassoihin, kalliomurskeisiin, betonirakenteisiin, teräspaaluihin ja luonnonkiviin. Tuloksia arvioitaessa on kuitenkin huomioitava, että vaihtoehtoisten ratkaisujen soveltuvuus ja korvaavuusaste tulee selvittää hankekohtaisesti, sillä tässä esitetyt tulokset edustavat optimitilannetta. Samalla tulokset osoittavat, että päästövähennysten kustannukset kasvavat yleensä sitä mukaa, kun tavoitetasoa kiristetään.

Jotta menetelmää voidaan käyttää luotettavasti hankkeiden ohjauksessa, investointien arvioinnissa ja mahdollisesti myös hankintakriteerien tukena, laskentatiedon syöttämistä, päästökertoimien kattavuutta ja hankekohtaista dokumentointia on yhtenäistettävä.

8 Jatkotoimenpiteet

Selvityksen aikana tunnistettiin jatkotoimenpiteitä, jotka tukevat infrarakentamisen päästölaskennan, tiedonkeruun ja tavoitteenasetannan kehittämistä Helsingin kaupungissa. Toimenpiteet on jaoteltu kolmeen kokonaisuuteen: laskentamenetelmien ja päästötietojen tarkentamiseen, tiedonkeruun yhtenäistämiseen sekä tavoitteenasetantaan. Ensimmäisessä kokonaisuudessa painottuvat laskennan tarkkuuden ja kattavuuden parantaminen, toisessa tiedon yhtenäinen kerääminen kaupunkitasolla ja kolmannessa selvityksen tulosten hyödyntäminen päästövähennystavoitteiden ja niiden kustannusten määrittelyssä.

8.1 Laskentamenetelmien sekä päästö- ja kustannustietojen tarkentaminen

Selvityksessä havaittiin, että tällä hetkellä kaikissa hankkeissa ei käytetä Helsingin rakentamiskäytäntöjen mukaisia materiaaleja ja päästökertoimia (esim. nykyisin käytössä olevat asfaltti- ja betonilaadut). Jatkotoimenpiteenä on tarkentaa analysoitavien hankkeiden osalta rakentamiskäytäntöjen mukaiset materiaalit sekä lisäksi arvioida mitä muita materiaaleja tai ratkaisuja tulisi sisällyttää Ihku-laskentaan päästövähennysten saavuttamiseksi. Lisäksi valittujen hankkeiden päästövähennyspotentiaalia ja teknistä soveltuvuutta tulee tarkastella tarkemmin. Hankekohtaisissa tarkemmissa tarkasteluissa voidaan myös arvioida yksittäisten suunnitteluratkaisujen vaikutusta hankkeiden kustannuksiin ja päästöihin. On huomioitava, että tässä selvityksessä vaihtoehtoisten ratkaisujen soveltuvuus ja korvaavuusaste edustavat optimitilannetta.

Vähähiilisten panosten kustannustietoa on vielä hajanaisesti saatavilla ja sen parantaminen ja laajentaminen mahdollistaisi paremman päätöksenteon vähähiilisiä päästövähennystoimenpiteitä valittaessa.

Tällä hetkellä Ihku-laskelmissa ei ole mukana väliaikaiset rakenteet sekä niiden päästövaikutukset. Tarkasteluissa voitaisiin huomioida myös työnaikaiset rakenteet, kuten työmaatiet ja tukiseinät, jotka puretaan ennen kohteen valmistumista.

CO2data-materiaalitietokantaa tulee tarkentaa, sillä tuotteet luokitellaan tällä hetkellä päämateriaalin mukaan, vaikka ne voivat sisältää päästöjen tai kustannusten näkökulmasta merkittäviä määriä myös muita materiaaleja (esim. teräsbetonipaalut).

Kalusteiden ja varusteiden päästölaskentaa tulee tarkentaa. Ihkussa on tällä hetkellä rajallisesti näiden päästökerrointietoja. Myös kalustevalmistajille tehdyn kartoituksen perusteella tuotekohtaista päästötietoa on toistaiseksi vähän saatavilla. Vastaavasti ulkovalaistuksen rakenteiden päästölaskentaa on tarpeen tarkentaa, sillä valaistus merkitään Ihkuun nykyisellään usein vain erä- tai kappalekohtaisesti eikä yksittäisiä rakennusosia viedä laskelmalle.

8.2 Tiedonkeruun yhtenäistäminen

Helsingin kaupungille tulee laatia yhtenäinen raportointi- ja tiedonkeruupohja, jolla voidaan seurata infrarakentamisesta muodostuvia päästöjä. Kattavampi tiedonkeruu parantaa tilastollista edustavuutta sekä mahdollistaa päästöjen ja kustannusten muutoksen seurannan ajan myötä.

Tämän selvityksen tuloksia voidaan myös hyödyntää myös kaupungin infrarakentamisen päästöjen arvioinnissa talousarvion pohjalta.

8.3 Tavoitteenasetanta

Jatkossa voidaan selvittää, onko hankkeille ja tai hankekokonaisuuksille (portfoliolle) mahdollista määrittää selkeät päästövähennystavoitteet ja miten tämä käytännössä toteutettaisiin. Lisäksi voidaan tarkastella, miten päästövähennysten kustannukset voidaan huomioida investoinneissa ja laskea Helsingin ilmasto-ohjelman tavoitteiden mukaisesti eri tavoitetasoilla.

9 Lähteet

Väylävirasto (2023). Infrarakentamisen vähähiilisyyden arviointimenetelmä. Väyläviraston ohjeita 43/2023.

Helsingin kaupunki (2025). Infrarakentamisen vähähiilisyyden arviointimenetelmän soveltamisohje Helsingin kaupungin hankkeisiin 16.10.2025.

Helsingin kaupunki (2024a). Selvitys päästöttömät työmaat green deal – vaatimusten vaikutuksista. Kaupunkiympäristön aineistoja 2024:20.

Helsingin kaupunki (2024b). Ympäristöraportti 2024.

Kuvailulehti

Tekijä	Ramboll Finland Oy: Suvi Ollikainen, Samuli Korhonen, Tero Niemi, Lotta Kamunen, Taavi Dettenborn
Nimike	Helsingin kaupungin eräiden infrahankkeiden kustannus- ja päästötiedon analyysi
Sarjan nimike	Helsingin kaupungin kaupunkiympäristön aineistoja
Sarjanumero	2026:14
Julkaisuaika	2026
Sivuja	66
Liitteitä	0
ISBN	978-952-386-791-8
ISSN	2489-4257 (verkkojulkaisu)
Kieli, koko teos	Suomi
Kieli, yhteenveto	Suomi

Tiivistelmä:

Selvityksessä analysoitiin Ihku-kustannuslaskentajärjestelmän ja Suomen ympäristökeskuksen kansallisen päästötietokannan (CO2data) tietoja Helsingin kaupungin katu- ja puistohankkeista sekä markkinakartoitukseen perustuvia materiaalikohtaisia päästövähennysarvioita. Tavoitteena oli tarkastella päästöjen muodostumista hankkeissa ja tunnistaa kustannustehokkaimmat keinot päästöjen vähentämiseksi suunnitteluvaiheessa. Päästövähennyskustannusten laskentaan kehitetty malli vertaa tavanomaisia ratkaisuja vähähiilisiin vaihtoehtoihin ja laskee toimenpiteille rajapuhdistuskustannuksen eli kustannuksen vähennettyä hiilidioksiditonnia kohden.

Pohjanvahvistuksilla on merkittävä vaikutus hankkeiden päästöihin: pohjanvahvistusta edellyttävissä hankkeissa päästöt pinta-alaa kohden voivat olla yli nelinkertaiset verrattuna hankkeisiin ilman pohjanvahvistuksia. Katuhankkeiden päästöprofiili on materiaalipainotteinen, ja suurimmat päästöt ja kustannukset aiheutuvat teräksestä, betonista, kiviaineksista, metalleista ja luonnonkivestä sekä InfraRYL-pääryhmistä maa-, pohja- ja kalliorakenteista. Katurakentamisen hiili-intensiteetti on tulosten perusteella suuruusluokkaa 0,40–0,90 kgCO2e/€ ja puistorakentamisen 0,27–0,59 kgCO2e/€ hanketyypistä riippuen.

Katuhankkeiden päästövähennyspotentiaali vaihtelee 12–59 prosentin välillä. Osa päästövähennyksistä, etenkin asfalttimassojen ja murskeiden vaihtaminen vähähiilisempiin vaihtoehtoihin, alentaa myös kustannuksia. Maksimaalisten vähennysten saavuttaminen edellyttää kalliimpia ratkaisuja, joiden hinta nousee jyrkästi vähennystason kasvaessa. Menetelmä osoittautui lupaavaksi strategisen päästöohjauksen välineeksi, mutta lähtöaineistojen laadussa ja kattavuudessa tunnistettiin merkittäviä kehitystarpeita.

Avainsanat:

infrarakentaminen, katuhankkeet, puistohankkeet, kasvihuonekaasupäästöt, hiilijalanjälki, kustannukset, päästövähennys, Ihku, vähähiilinen rakentaminen

Presentationsblad

Författare	Ramboll Finland Oy: Suvi Ollikainen, Samuli Korhonen, Tero Niemi, Lotta Kamunen, Taavi Dettenborn
Titel	Analys av kostnads- och utsläppsdata för vissa infrastrukturprojekt i Helsingfors stad
Seriens titel	Helsingin kaupungin kaupunkiympäristön aineistoja
Serienummer	2026:14
Utgivningsdatum	2026
Sidantal	66
Bilagor	0
ISBN	978-952-386-791-8
ISSN	2489-4257 (verkkojulkaisu)
Språk, hela verket	Finska
Språk, sammanfattning	Finska

Sammanfattning:

I utredningen analyserades data från kostnadsberäkningssystemet Ihku och Finlands miljöcentrals nationella utsläppsdatabas (CO2data) för Helsingfors stads gatu- och parkprojekt samt materialspecifika bedömningar av utsläppsminskningar baserade på en marknadskartläggning. Målet var att granska hur utsläppen uppstår i projekten och identifiera de mest kostnadseffektiva sätten att minska utsläppen i planeringsskedet. Den modell som utvecklats för beräkning av utsläppsminskningskostnader jämför konventionella lösningar med koldioxidsnåla alternativ och beräknar marginalkostnaden för åtgärderna, dvs. kostnaden per minskat ton koldioxid.

Grundförstärkningar har en betydande inverkan på projektens utsläpp: i projekt som kräver grundförstärkning kan utsläppen per ytenhet vara över fyra gånger så stora som i projekt utan grundförstärkning. Gatuprojektens utsläppsprofil domineras av material, och de största utsläppen och kostnaderna orsakas av stål, betong, stenmaterial, metaller och natursten samt av InfraRYL-huvudgruppen jord-, grund- och bergkonstruktioner. Enligt resultaten är gatubyggandets kolintensitet i storleksordningen 0,40–0,90 kgCO2e/€ och parkbyggandets 0,27–0,59 kgCO2e/€ beroende på projekttyp.

Gatuprojektens potential för utsläppsminskning varierar mellan 12 och 59 procent. En del av utsläppsminskningarna, särskilt byte av asfaltmassor och krossmaterial till koldioxidsnålare alternativ, sänker även kostnaderna. För att uppnå maximala minskningar krävs dyrare lösningar vars pris stiger brant när minskningsnivån ökar. Metoden visade sig vara ett lovande verktyg för strategisk utsläppsstyrning, men betydande utvecklingsbehov identifierades i utgångsdatans kvalitet och täckning.

Nyckelord:

infrastrukturbyggande, gatuprojekt, parkprojekt, växthusgasutsläpp, koldioxidavtryck, kostnader, utsläppsminskning, Ihku, koldioxidsnålt byggande

Description

Author	Ramboll Finland Oy: Suvi Ollikainen, Samuli Korhonen, Tero Niemi, Lotta Kamunen, Taavi Dettenborn
Title	Analysis of cost and emission data of selected infrastructure projects of the City of Helsinki
Series name	Helsingin kaupungin kaupunkiympäristön aineistoja
Series number	2026:14
Time of publication	2026
Pages	66
Appendices	0
ISBN	978-952-386-791-8
ISSN	2489-4257 (verkkojulkaisu)
Language, entire work	Finnish
Language, summary	Finnish

Summary:

The study analysed data from the Ihku cost calculation system and the Finnish Environment Institute's national emissions database (CO2data) for street and park projects of the City of Helsinki, together with material-specific emission reduction estimates based on a market survey. The aim was to examine how emissions arise in the projects and to identify the most cost-effective ways to reduce emissions at the design stage. The model developed for calculating emission reduction costs compares conventional solutions with low-carbon alternatives and calculates the marginal abatement cost of each measure, i.e. the cost per tonne of carbon dioxide reduced.

Ground improvement has a significant impact on project emissions: in projects requiring ground improvement, emissions per unit area can be more than four times higher than in projects without it. The emission profile of street projects is dominated by materials; the largest emissions and costs are caused by steel, concrete, aggregates, metals and natural stone, and by the InfraRYL main group of earth, foundation and rock structures. Based on the results, the carbon intensity of street construction is in the order of 0.40–0.90 kgCO2e/€ and that of park construction 0.27–0.59 kgCO2e/€, depending on the project type.

The emission reduction potential of street projects varies between 12 and 59 per cent. Some of the reductions, particularly replacing asphalt mixes and crushed aggregates with lower-carbon alternatives, also reduce costs. Achieving maximum reductions requires more expensive solutions whose price rises steeply as the reduction level increases. The method proved to be a promising tool for strategic emission management, but significant development needs were identified in the quality and coverage of the source data.

Keywords:

infrastructure construction, street projects, park projects, greenhouse gas emissions, carbon footprint, costs, emission reduction, Ihku, low-carbon construction

Helsinki

Kaupunkiympäristön toimiala huolehtii Helsingin kaupunkiympäristön suunnittelusta, rakentamisesta ja ylläpidosta, rakennusvalvonnasta sekä ympäristöön liittyvistä palveluista.