



KRUUNUSILLAT

Kruunusillat: Hiilijalanjäljen laskenta

29.4.2024

Sisältö

1. Tulostiivistelmä
2. Työn tausta ja tavoitteet
3. Laskentamenetelmä ja rajaukset
4. Tulokset
 - 4.1 Koko hankkeen tulokset, Yhteenveto
 - 4.2 Raitiotie-allianssi
 - 4.3 Siltaurakka
5. Havaintoja ja toimenpide-ehdotuksia

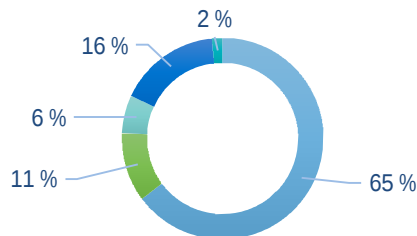


1 TULOISTIIIVISTELMÄ

Kruunusillat-hankkeen CO2 päästöt ovat 128983 tCO2-ekv

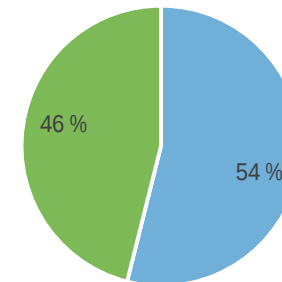
- Kruunusillat-hankkeen hiilijalanjälki laskettu kahdessa eri toimeksiannossa. Tulokset on yhdistetty raportissa ja laskennan eroavaisuudet ja rajaukset on käyty läpi.
- Voidaan sanoa koko hanketasolla, että noin 76 prosenttia päästöistä muodostuu rakentamisen aikana ja merkittävimmät materiaalit ovat betoni ja teräs.
- Siltahanke muodostaa noin 55% päästöistä siitä huolimatta, että raitiotiehankeeseen sisältyy raitiotien operoinnin päästöt.
- Tunnistettuja ja rakentamisen aikana toteutettuja päästövähennystoimia ei ole huomioitu laskennassa ne on kuitenkin listattu raporttiin.

Kruunusillat-hankkeen CO2 päästö elinkaaren vaiheittain (128983 tCO2-ekv)



■ A1-A4, Rakentamis-vaihe ■ A5 Rakentamis-prosessi ■ B4-B5 kunnossapito ja korjaus
■ B6-B7(max) Käyttö ja huolto ■ Eol (Elinkaarenloppu)

Kokonaispäästöjen jakautuminen (128983 tCO2-ekv)



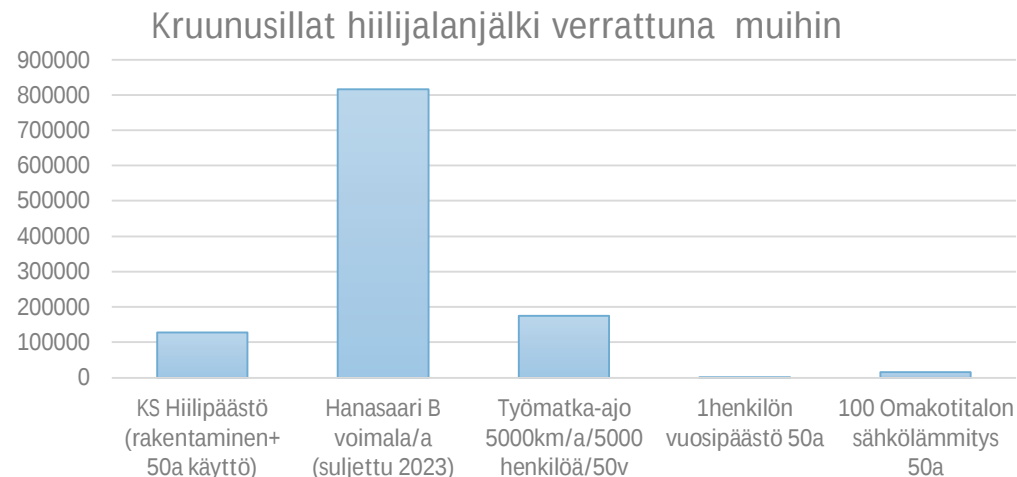
■ Silta-hanke ■ Raitiotie-hanke

Kokonaispäästöt

Kruunusillat-hankkeen kokonaispäästöt ovat n. 128983 t CO₂-ekv.

Kruunusillat-hankkeen aiheuttamat elinkaarenaikaiset CO₂ päästöt vastaavan suljetun Hanasaaren B voimalan 2 kuukauden päästöjä.

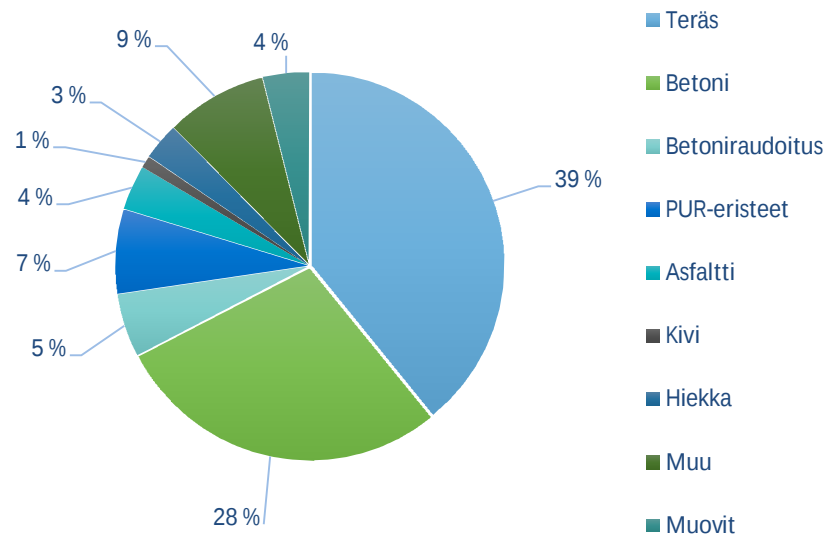
Päästöt vastaavat 12898 keskivertosuomalaisen vuosipäästöjä.



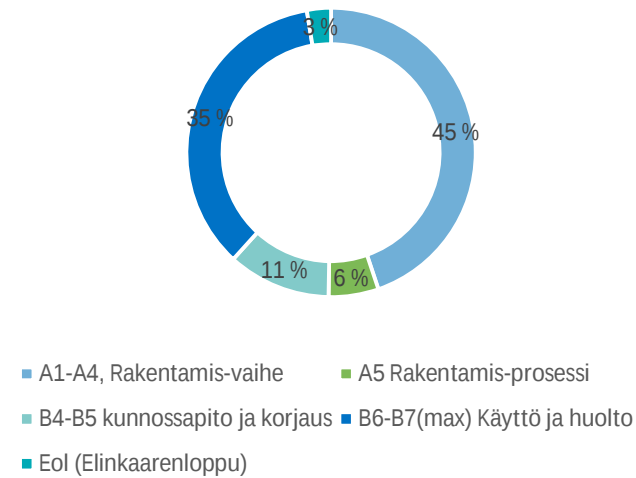
Kruunusillat Raitiotie-hanke kokonaispäästöt 59367t CO2-evk

- Raitiotiehanke pitää sisällään raitiotien rakentamisen ja Merihaansillan sekä 50 vuoden raitiotien käytön.
- Käytönaikainen hiilipäästö on merkittävä. 51% päästöistä muodostuu rakentamisesta ja 46% operoinnin aikaisesta toiminnasta.

Raitiotiehankkeen rakennusmateriaalien CO2
päästöjen prosenttiosuudet



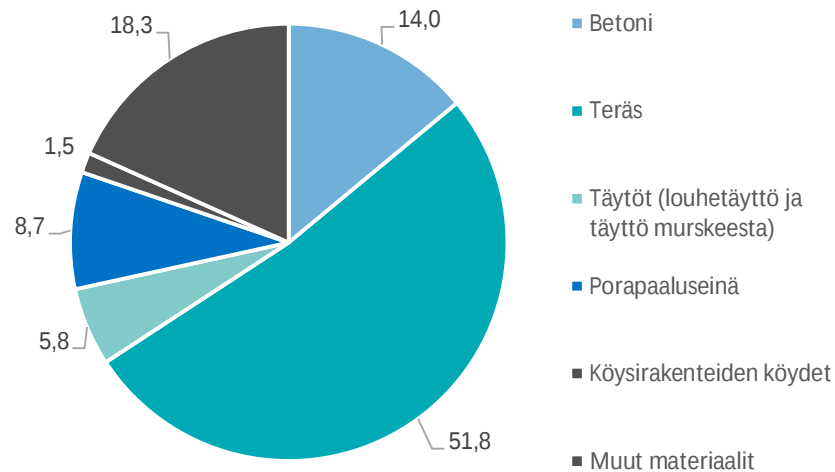
Raitiotiehankkeen päästöt vaiheittain
(59376 tCO2-ekv)



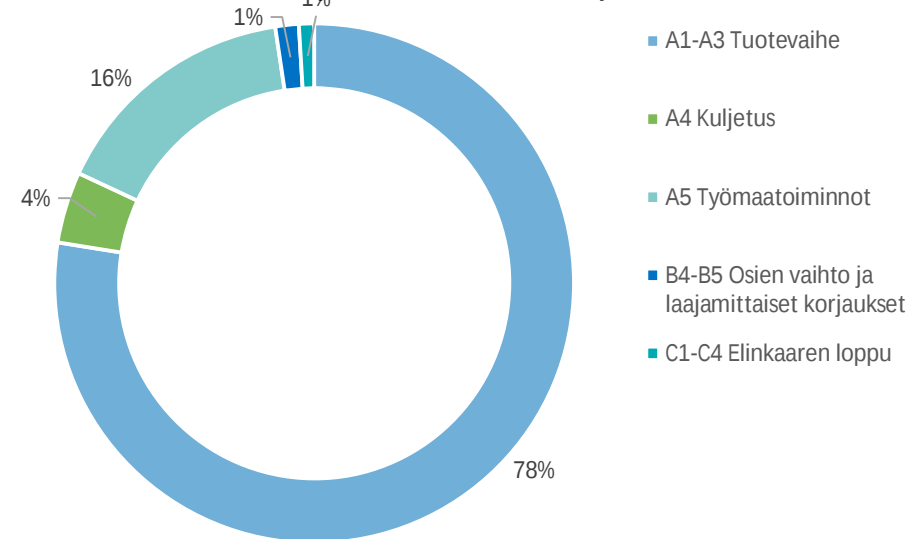
Kruunusillat-siltahankkeen kokonaispäästöt 69607 tCO₂-ekv

- Siltahanke pitää sisällään Finkensillan, Kruunuvuorensillan ja Korkeasaaren esirakentamisen
- Raitiotie ja kulutuskerrokset silloilla sisältyvät raitiotiehankkeeseen, joten tässä laskennassa ei ole huomioitu käytön aiheuttamia päästöjä, joten 98 % päästöistä syntyy rakentamisen aikana 50 vuoden ajan jaksolle laskettaessa.

Rakennusmateriaalien CO₂e –
päästöjen prosenttiosuudet



Päästöjen jakautuminen elinkaaren vaiheisiin
(69607 tCO₂-ekv)



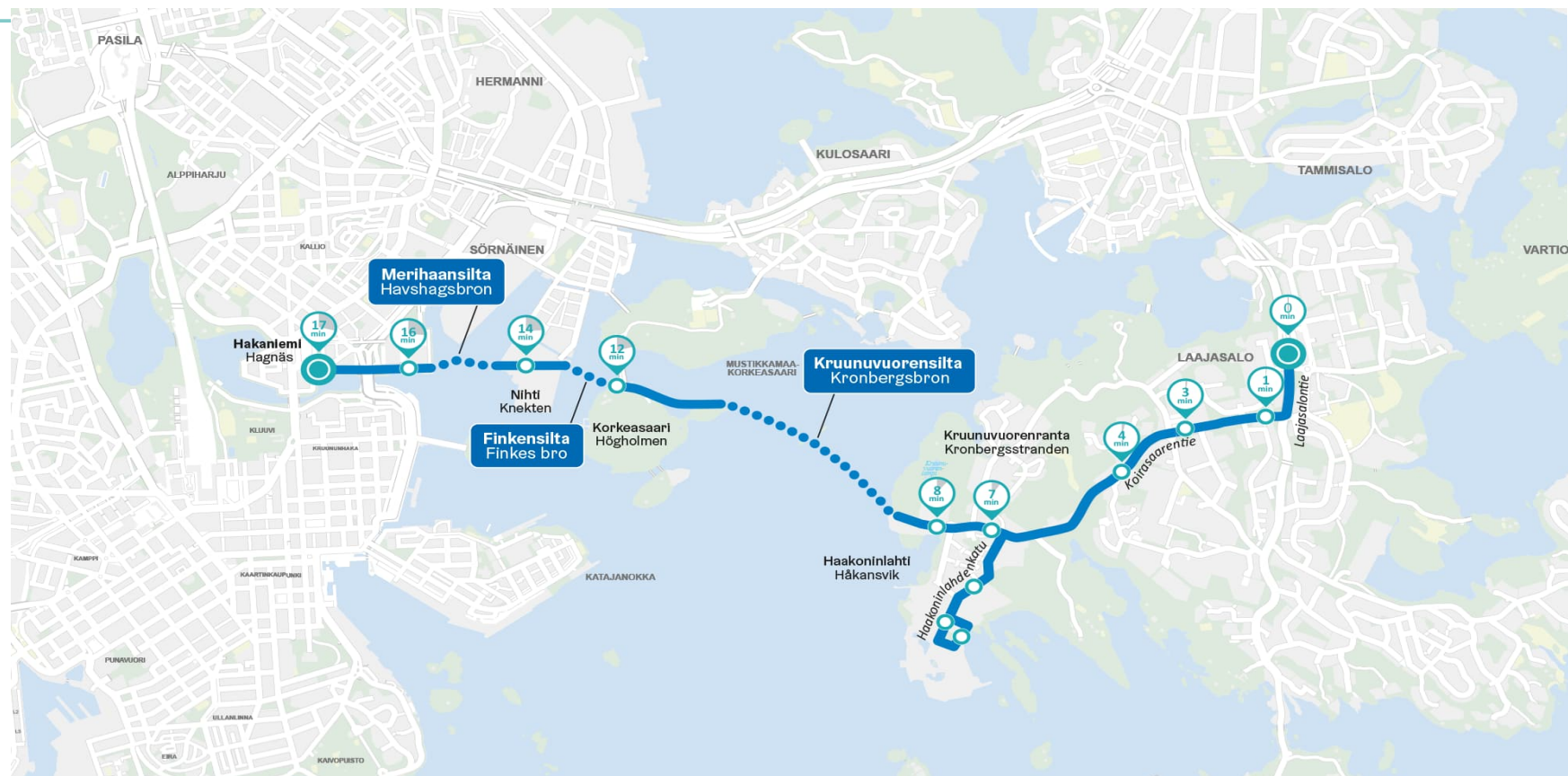


2. TYÖN TAUSTA JA TAVOITTEET

Kruunusillat hankkeena

- Kruunusillat-hanke rakentaa uuden raitiotieyhteyden siltoineen.
- Kruunusillat -raitiotien laajuuteen kuuluu, raitiotieyhteys siihen liittyvine katurakenteineen, 1 vesistösilta (Merihaansilta).
- Kruunusillat-siltaurakkaan kuuluu Finkensilta, Kruunuvuoren silta ja Korkeasaaren esirakentaminen
- Rakentaminen on aloitettu 2021 ja yhteys on otettavissa liikenteelle 2027.
- Kruunusillat-hankkeella on useita toimintaan ja toteutukseen liittyviä vastuullisuustavoitteita.
- Hankkeen hiilijalanjäljen laskenta on keino auttaa ymmärtämään infrarakentamisen ympäristövaikutusta ja auttaa ohjaamaan suunnittelua ja rakentamista kohti parempia ratkaisuja.

Kruunusillat-raitiotie



KRUUNUSILLAT-RAITIOTIE 2027 / SPÅRVÄG KRONBROARNA 2027 / CROWN BRIDGES LIGHTRAIL 2027

Kruunusillat-raitiotie
Spårväg Kronbroarna
Crown Bridges Light Rail

Pysäkki
Hållplats
Stop

Uusi silta
Ny bro
New bridge

Päätepysäkki
Ändhållplats
Final stop

KRUUNUSILLAT

Helsinki

9.1.2022

KRUUNUSILLAT Helsinki

Tavoitteet ja rajaukset

- Laskea Kruunusillat raitiotie –hankkeen ympäristövaikutukset Kruunusillat-hankepäättöksen mukaisessa laajuudessa. Sisältäen kuitenkin raitiotien käytöstä ja kunnossapidosta syntyvät päästöt 50 vuoden aikana.
- Löytää suurimmat päästölähteet ilmastonmuutoksen näkökulmasta ja mahdollisuudet vaikuttaa niihin.
- Kehittää infra-alan hiililaskentaa ja sen ymmärrystä.
- Työ on tehty kahdella eri toimeksiannolla. Kruunusillat-allianssi on vastannut raitiohankkeen laskennasta ja WSP on erillistoimeksiannotona laskenut siltaurakan hiilipäästön. Osa-alueilla on toisistaan eroavat rajaukset, mutta laskennat on yhteensovitettu. Tässä raportissa käsitellään yhteenvedon lisäksi, erillislaskentojen tulokset.



3. LASKENTAMENETELMÄ JA RAJAUKSET

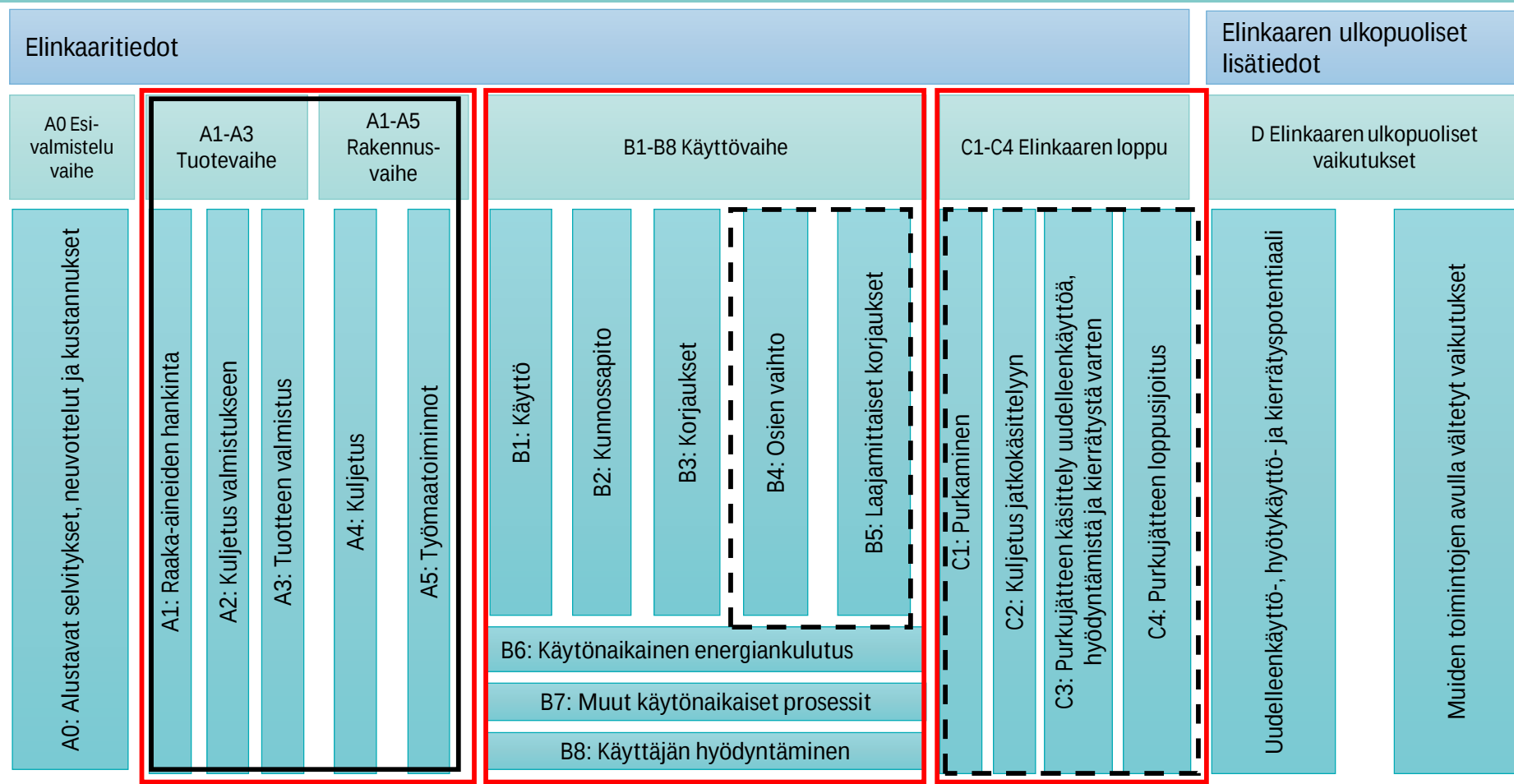
Laskennan menetelmä

- Radanrakentamisen ja siltojen elinkaariset ympäristövaikutukset mallinnettiin One Click LCA-ohjelmiston. Laskentajaksoksi määritettiin 50 vuotta. Menetelmä valittiin niin, että se tukee BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) infrastruktuurin arviointimenetelmän vaatimuksia, joka on infrahankkeille kehitetty kestävän kehityksen luokitusjärjestelmä. Kruunusillat-allianssi hakee sertifiointia omassa laajuudessaan.
- Tässä raportissa keskitytään hankkeen ilmastovaikutusten (ilmaston lämpenemispotentiaali) arviointiin.
- Siltauran osalta laskennassa mukana vaiheet A1-A5 ja laskentaohjelman oletuksien mukaiset annetun elinkaaren aikana tehtävät osien purut, kuljetukset (C1-C4) ja vaihdot sekä laajamittaiset korjaukset (B4-B5). Siltauran osalta ei ole huomioitu kunnossapidon tai operoinnin vaikutuksia.

Laskennan lähtötiedot ja rajaukset

raiotiehanke

siltahanke



Infrahankkeiden elinkaarivaiheet (EN17472)

Laskennan lähtötiedot ja rajaukset: raitiotiehanke

A1-A3 Tuotevaihe

- Lähtötietoina toimivat Rapalin FORE –ohjelmistoon tehtyt ROLA kustannus-/määrälaskennat, jotka on päästölaskentaa varten yhdistetty One Click LCA –ohjelmistosta löytyviin ympäristötuoteselosteisiin.

A4-A5 Rakennusvaihe

- Työkoneiden käyttötunnit ovat hankkeen kustannuslaskijoiden arvioita. Käyttötunnit on jaettu osaprojekteittain. Päästökertoimet ovat One Click LCA:n ohjelmiston omia.
- Työmaan materiaalien käytön lähtötiedot ovat peräisin FORE:n ROLA laskennoista, joita on määrien suhteen tarkennettu IHKU-kustannuslaskentapalvelun avulla.
- Kuljetusetäisyydet materiaaleille ovat pääosin One Click LCA:n oletusarvoja. Massojen kuljetusetäisyydet ovat tarkennettu Jyri Lähteen hankkeelle tekemän opinnäytöntyön tietojen avulla.

Käyttövaiheen B1-B7 oletukset

B1-B8 Käyttövaihe

- B2 kunnossapidon, B3 korjauksien, B6 käytönaikaisen energiankulutuksen sekä B7 veden käytön lähtötietoina on pääasiassa toimineet HKL:n toimittamat lähtötiedot (Korppaanmäen ja Nauvontien päästölaskenta hanketta varten) sekä Kalasatamasta Pasilaan –raitiohankkeelta saadut tiedot. Kertoimina on käytetty One Click LCA:n kertoimia.
- B4 Osien vaihtojen ja B5 laajamittaisten korjausten lähtötietoina on käytetty sekä haastatteluilla kerättyjä tarkennuksia että suoraan ympäristötuoteselosteista löytyviä arvoja muun muassa käyttöikiin liittyen.
- B1 Käyttö (aineiden vapautuminen rakennusmateriaaleista) ja B8 käyttäjän hyödyntäminen on rajattu laskennan ulkopuolelle.

C1-C4 Elinkaaren loppu ja D Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset

- Lähtötiedot perustuvat pääasiassa ympäristötuoteselosteista löytyville oletus skenaarioille.

Käyttövaiheen B1-B7 oletukset

B1 Käyttö

- aineiden vapautuminen rakennusmateriaaleista -> ei ole huomioitu

B2 Kunnossapito ja B7 Veden käyttö

- jaetaan lohkoittain kustannusten perusteella
- lähtötieto: 20 m³/v hiekoitushiekkaa ja 12180 l dieseliä/v sekä vettä 1113 m³/v (vesijohtovesi, puhdas, Suomi) per 4,5 km
 - arvio on saatu Helsingin kaupunkiliikenteeltä

B3 Korjaukset

- Mukana muun muassa:
 - 100m²/risteys (uusiminen 5v välein), uusittavan kerroksen paksuus 40mm, Asfalttibetoni aggregate size 16mm. Loput asfaltit ovat B4-B5 osiossa.
 - Pysäkkien roiskelevyt, Roiskelevyjen kiinnitysosat, Pysäkkikaiteiden tolpat, Pysäkkikaiteiden käsijohteet, Kaarteiden kunnossapitohitsaukset ja –hionnat, Vaihteiden ristikoiden ja raideristeyksien kunnossapitohitsaukset ja –hionnat
 - Teräkset / muut metallit (auranterät, lakaisukoneen sivuharjat, urakaapimet)

Käyttövaiheen B1-B7 oletukset

B3 jatkuu

- Poissa muun muassa (ei kertoimia One Click LCA:ssa tai uusimassa 3.9.1 Ecoinvent-tietokannassa):
 - Pysäkkien pesuaineet (veden pintajännityksen rikkominen), kulutus arvioitu hyvin pieneksi.
 - Kaarrevoitelu, kulutus arvioitu hyvin pieneksi.
 - Glyseroli (huurre lanka-ajo), kulutus arvioitu hyvin pieneksi.
 - Jääsulat / suolat, kulutus arvioitu hyvin pieneksi.

B4 Osien vaihto ja B5 Laajamittaiset korjaukset

- vaihdettujen osien tuotanto, kuljetus, korjaustyö, jätehuolto ja end of life, huomioitu OneClickissä käyttöaikaoletuksina.
- Käyttöaikaoletuksia on tarkennettu useiden merkittävien syötteiden osalta kuten asfaltit ja kiskot.
 - Kiskojen vaihtoaika lyhentyy muun muassa kaarteiden jyrkkyyden myötä.

B6 Energian käyttö

- vuosittainen energiankulutus on jaettu lohkoittain kustannusosuuksien perusteella
- Käyttöarvio, 900-2200 kWh/rd-m, perustuu HKL:n toimittamaan tietoon.

Lähtötietojenmerkittävimmät epävarmuudet

Tuotevaihe (A1-A3)

- Liittyvät järjestäen tuotteisiin, joille ei ole olemassa a) omaa tai b) vastaavalle tuotteelle olevaa ympäristötuoteselostetta.
 - a) Tapauksessa on pyritty löytämään mahdollisimman samankaltainen tuote, jolle on olemassa ympäristötuoteseloste. Käytännössä kuitenkin vastaavilla tuotteilla voi valmistajien välillä olla merkittäviä eroja ympäristövaikutusten suhteen. Esimerkiksi näin on tehty kammiokumin osalta, jonka päästöt on laskettu vastaavan tuotteen Tšekkiläisen Pandrol Qtrack –kammiokumin ympäristötuoteselosteen avulla.
 - b) Jos vastaavaa ympäristötuoteselostetta ei ole löytynyt, niin ympäristövaikutukset voidaan arvioida materiaalien (laadut ja määrät) ja oletettujen tuotantoprosessien avulla. Mikäli valmistaja ei edes näitä halua tarkemmin paljastaa, niin ymmärrettävästi epävarmuus kasvaa tietoaukkojen myötä. Esimerkiksi näin on tehty rakenteen värinäeristyksen osalta (Kraiburg Purasys), jonka päästöt on pyritty selvittämään valmistajan puutteellisten lähtötietojen avulla.

Maanrakennus ja massojen kuljetukset (A4)

- Lähtötiedot ovat määristä peräisin kustannuslaskennasta. Laskennassa ei ole mukana tarkentuneita määriä eikä massojen hallintaa.

Lähtötietojen merkittävimmät epävarmuudet

Rakentamisprosessi (A5)

- Liittyvät kustannuslaskijoiden tekemiin oletuksiin työkonetunneista sekä kustannuslaskentaohjelmistojen oletuksiin kulutettavista materiaalien määristä.

Käyttövaihe B1-B7

- Liittyvät rinnakkaisten hankkeiden vertailukelpoisuuteen KSA:n hankkeen suhteen.

Elinkaaren loppu (C1-C4) ja D Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset

- Liittyvät ympäristötuoteselosteiden skenaarioihin ja käytännössä tapahtuviin toimenpiteisiin tulevaisuudessa.

Laskennan lähtötiedot ja rajaukset, Siltahanke

A1-A3 Tuotevaihe

- Laskennan lähtötietoina toimivat hankkeen toteutussuunnitelmien Rapalin FORE –ohjelmistoon tehty ROLA kustannus-/määrälaskennat
- Materiaalikonaisuuksien, joiden kustannus / määrä oli ilmoitettu yhtenä eränä, tarkempi materiaalmäärä tarkistettiin hankkeen tietomallista (mm. työsillat ja sillankaiteet).
- Materiaalien tuotannon päästöarvojen lähteenä on käytetty One Click LCA ohjelmiston päästökertoimia tai niiden puuttuessa EPD-ympäristöselosteita.

A4-A5 Rakennusvaihe

- Työkoneiden käyttötunnit ovat arvio työmaan toteutuneista ja tulevista käyttötunneista. Käyttötunnit on jaettu hankealueittain ottaen huomioon alueiden työmaatehtävien prosentuaaliset kustannusosuudet. Päästökertoimet ovat One Click LCA:n ohjelmiston omia.
- Työmaan kokonaissähkönkulutus perustuu työmaan toteutuneen sähkönkulutuksen seurantaan vuodelta 2023. Sähkön tuotannon energialähde on toteuman mukaan tuulivoima.
- Rakennusmateriaalien kuljetusmatkat valmistuspaikalta työmaalle ovat One Click LCA:n oletusarvoja. Kuljetusmatkoissa ei oteta huomioon tyhjiä paluumatkoja, joiden oletetaan palvelevan muita käyttötarkoituksia.
- Massat on oletettu kuljetettavan 45 km päästä työmaalle ja vietävän pois 45 km päähän työmaalta. Hankkeen sisäiset kuljetukset on oletettu olevan 5 km. Kuljetusten täyttöasteen on oletettu olevan 100%. Kuljetuksissa on huomioitu vain yhdensuuntainen matka.
- Maalta kaivettujen pilaantuneiden maiden kuljetusetaisyys työmaalta vastaanotto paikalle on toteuman mukaan 110 km.

B4-B5 Osien vaihdot ja laajamittaiset korjaukset sekä C1-C4 elinkaaren loppu

- Laskentaohjelma One Click LCA huomioi eri rakennusosille niiden käyttöiän, joka määrittää kuinka kauan tuote on käytössä ennen kuin se vaihdetaan. Joidenkin tuotteiden käyttöikä vastaa hankkeen elinkaarta (50 v) ja muiden tuotteiden osalta ne vaihdetaan laskentajakson täyttämiseksi niin usein kuin on tarpeen. Tuotteita ei vaihdeta laskentajakson viimeisenä vuonna. Käyttöiät ovat oletuksia, jotka perustuvat materiaalien keskimääräiseen käyttöikään.
- Osien purkamisesta ja kuljetuksesta jatkokäsittelyyn muodostuneet päästöt huomioidaan elinkaaren lopussa.

Lähtötietojen merkittävimmät epävarmuudet ja puutteet

A1-A3 Tuotevaihe

- Hiilijalanjalan laskennan lähtötiedot perustuvat suunnittelun aikaisiin arvioihin hankkeeseen tarvittavista materiaalmääristä.
 - Materiaalmäärät, jotka laskettiin tietomallista, vastaavat todellista materiaalienekkiä paremmin kuin määrälaskennan arviot materiaalmääristä. Täten lähtötietojen tarkkuustasossa on vaihtelevuutta.
 - Betoneissa käytetyn masuunikuonan määrä perustuu rakennesuunnitelmissa ilmoitettuihin mahdollisiin maksimimääriin. Masuunikuonaa käytetään sementtiä korvaavana materiaalina, ja sen päästöarvo on sementtiä matalampi. Toteumat työmaalla sementtiä korvaavien materiaalien käytöstä ei ole tiedossa.
 - Päästölaskennassa ei ole oletettu käytettävän kierrätysmateriaaleja (esim. teräksen kierrätysaste ei ole tiedossa).

A4-A5 Rakennusvaihe

- Kuljetukset ja työmaatoiminnot perustuvat karkeisiin arvioihin polttoainepäästöistä, energian kulutuksesta sekä työvaiheen materiaaleista.
 - Materiaalien ja massojen kuljetusetaisytydet perustuvat One Click LCA:n oletusarvoihin, sekä laskennassa yhteisesti sovittuun kuljetusetaisytyteen. Ainoastaan maalta kaivettujen pilaantuneiden maiden kuljetus perustuu toteutuneeseen etäisytyteen.
 - Työsiltojen paalujen (teräs) päästöt on jaettu kuudesosaan ja kansimateriaalien (teräs- ja puumateriaalia) päästöt puoleen, koska työsiltojen materiaaleja hyödynnetään tyypillisesti useilla rakennustyömailla. Toteutunutta tietoa työsiltojen materiaalien kierrätysasteesta ei ole.
 - Työmaakoneiden käyttötunnit perustuvat urakoitsijan arvioon. Käyttötunteja ei ole eroteltu konetyypeittäin, vaan koneiden käytöstä syntyneet päästöt perustuvat One Click LCA:n arvioon keskimääräisen suomalaisen työkoneen päästöarvosta 27,18 kg CO₂ekv/h.



4. TULOKSET



4.1 KOKO HANKKEEN YHTEENVETO TULOKSET

Ympäristövaikutukset

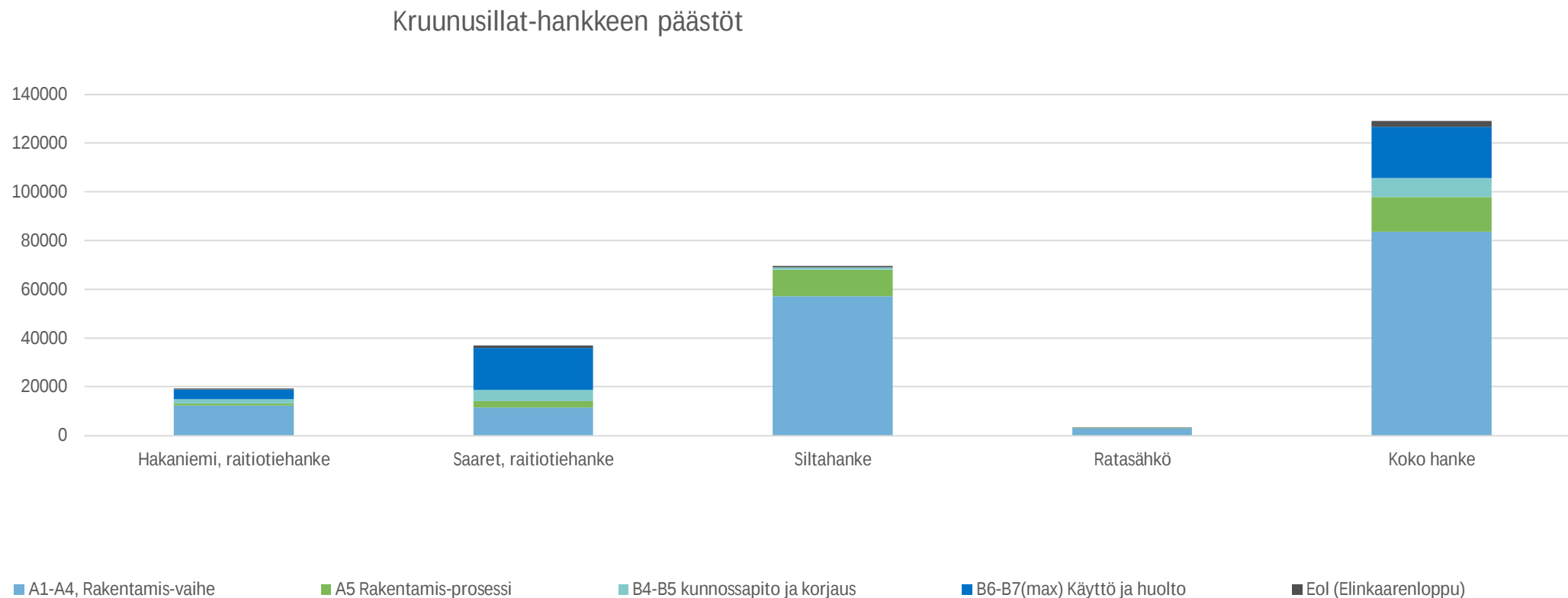
- Allianssin rakentamislajin elinkaaren aikaiset ilmastovaikutukset ovat 59367 t CO₂-ekv ja siltaurakan osalta 69607 tCO₂-ekv.
- Allianssissa tarkasteltiin työnaikana muitakin ympäristövaikutusluokkia. Epätarkkojen lähtötietojen vuoksi niistä ei voi vetää johtopäätöksiä.
- Infran päästölaskenta kehittyy koko ajan. Suomessa on työn alla yhtenäisen tietokannan luominen päästökertoimille. Kruunusillat- allianssi on tukenut tätä työtä antamalla käyttämänsä päästökertoimet kehitystyön käyttöön.
- Selitteet:
 - Raitiotiehankeen laajuus (Hakaniemi-raitiotiehanke, Saaret-raitiotiehanke, Ratasähkö)
 - Hakaniemi- raitiotiehanke sis. Radan ja Merihaansillan kokonaisuudessaan
 - Saaret-raitiotiehanke sisältää Saaren osaprojektin laajuuteen kuuluvat osat, myös Finkensillan ja Kruunuvuoren sillan päällysrakenteet.
 - Siltaurakka (KSS)
 - Siltaurakan laajuus sis. Finkensilta, Korkeasaaren esirakentaminen ja Kruunuvuorensilta
- Saaret Summa
 - Saaret-osaprojekti raitiotiehanketta+ siltaurakka (KSS)
- EoL
 - Elinkaaren loppu, päästöt jotka laskettu muodostuvan rakenteen purusta

Tuloskoonti t CO2-e, Kruunusillat-hankkeen hiilijalanjälki 128983 t CO2-ekv*

Laajuus	A1-A4, Rakentamis- vaihe	A5 Rakentamis- prosessi	B4-B5 kunnossapito ja korjaus	B6-B7(max) Käyttö ja huolto	B6-B7(min) Käyttö ja Huolto	Eol (Elinkaarenloppu)	tCO2-e M	t CO2-e m
Hakaniemi, raitiotiehanke	12343	686	1903	3949	1659	430	19311	17020
Saaret, raitiotiehanke	11391	2653	4665	17112	7185	1122		
Siltahanke	57041	10883	1026			656		
Saaret summa	68432	13536	5691	17112	7185	1778	106550	96623
Ratasähkö	2779	8	285			51	3123	3123
Koko hanke	83554	14230	7879	21061	8843	2259	128983	116765
Raitiotie-hanke	26513	3347	6852	21061	8843	1603	59376	47159
KSS	57041	10883	1026	0	0	656	69607	69607

* Laskettu maksimi käytönaikaisella energiankulutuksella (B6-B7max)

Kruunusillat-hankkeen päästöt vaiheittain



Päätulokset, CO2 vähennyspotentiaali hanketasolla

- Allianssin osalta elinkaaren päästöt raitiotiehankkeelle on ovat 59376 t CO2-ekv
- Siltaurakan osalta 69607 tCO2-ekv
- Merkittävimmät päästöt liittyvät materiaalien valmistamiseen sekä käytön aikaiseen energiankulutukseen.
- Koko hankkeen päästöistä 76% ja Allianssin laajuuden päästöistä 50 % muodostuu rakentamisvaiheessa joko työmaatoiminnoista, kuljetuksista tai materiaalien valmistamisessa. Raitiotieallianssin osalta päästöjä nostaa ja rakentamisen osuutta laskee se, että laskentaan on huomioitu raitiotien käytön ja huollon päästöt.
- Siltahankkeen osalta 97,5 % päästöistä kohdistuu rakentamisvaiheeseen.
- Tällä hetkellä päästöjä voidaan vähentää valitsemalla vähäpäästöinen betoni, asfaltti ja polttoaine ajoneuvoissa ja työkoneissa. Sekä uudelleen käyttämällä hankkeen tai naapurin materiaaleja (massat, työsillan osat, reunakivet)
- Perustilanne on laskettu 12/2021 määräluettelojen ja Siltaurakan suunnitelmien pohjalta, työmaa toimintojen ja lopputuotteen energiankulusta on tarkennettu haastatteluin.
- Keskeiset epävarmuudet johtuvat tulevaisuuden ennustamisesta. Miten kehittyy esimerkiksi teräksen tai asfaltin päästökerroin. Asfaltin ja kiskojen uusinta tulee ajankohtaiseksi elinkaaren aikana useasti.
- Lisäksi operoinnin ja kunnossapidon osalta laskennassa käytetty vaihteluväli oli suuri, joten mikäli todellisuudessa päästöt vastaavat minimitasoa muodostuu elinkaaren aikaiset päästöt pienemmiksi ja painotus rakentamisen aikaisiin päästöihin kasvaa entisestään.

KSA Potentiaaliset CO2 säästökeinot

Päästölähde	Vaihtoehto	CO2 säästö
Työmaan polttoaineet fossiilinen	Uusiutuvaa 70 % kaikesta	~3100 t CO ₂ e (oletus Neste MY uusiutuva diesel)
Saarten reunakivet	Kierrätettynä Hakaniemestä ja saarilta 70 %, Uutena hankittavat kotimaista	~240 t CO ₂ e
Betoni rataaatoissa	Käytetään Ruduksen betonia jolla pienempi päästökerroin/ käytetään Ruduksen vihreää betonia	GWP.REF: ~2410 t CO ₂ e GWP.85: ~2050 t CO ₂ e Säästö: ~360 t CO ₂ e (huom käytetty pääosin GWP.70- eli Säästö suurempi)
Massanvaihdot	Työmaan massat käytetään uudelleen työmaalla	~50 t CO ₂ e sisältää vain kustannuslaskennassa merkatut massanvaihdot ja lopputäytöt kaivuumassoilla
Materiaalihankinta	Naapureiden materiaalien hyödyntäminen, mm.KSS työsillat, allianssille	_ei arvioitu vaikutusta. Voidaan määrittää kun tiedetään mitä saatu
Teräs	Vähähiilinen teräs	Ei laskettu vaikutusta, ei huomioitu hankinnassa.



KRUUNUSILLAT

4.2 Raitiotie-allianssi

Hiilijalanjälki



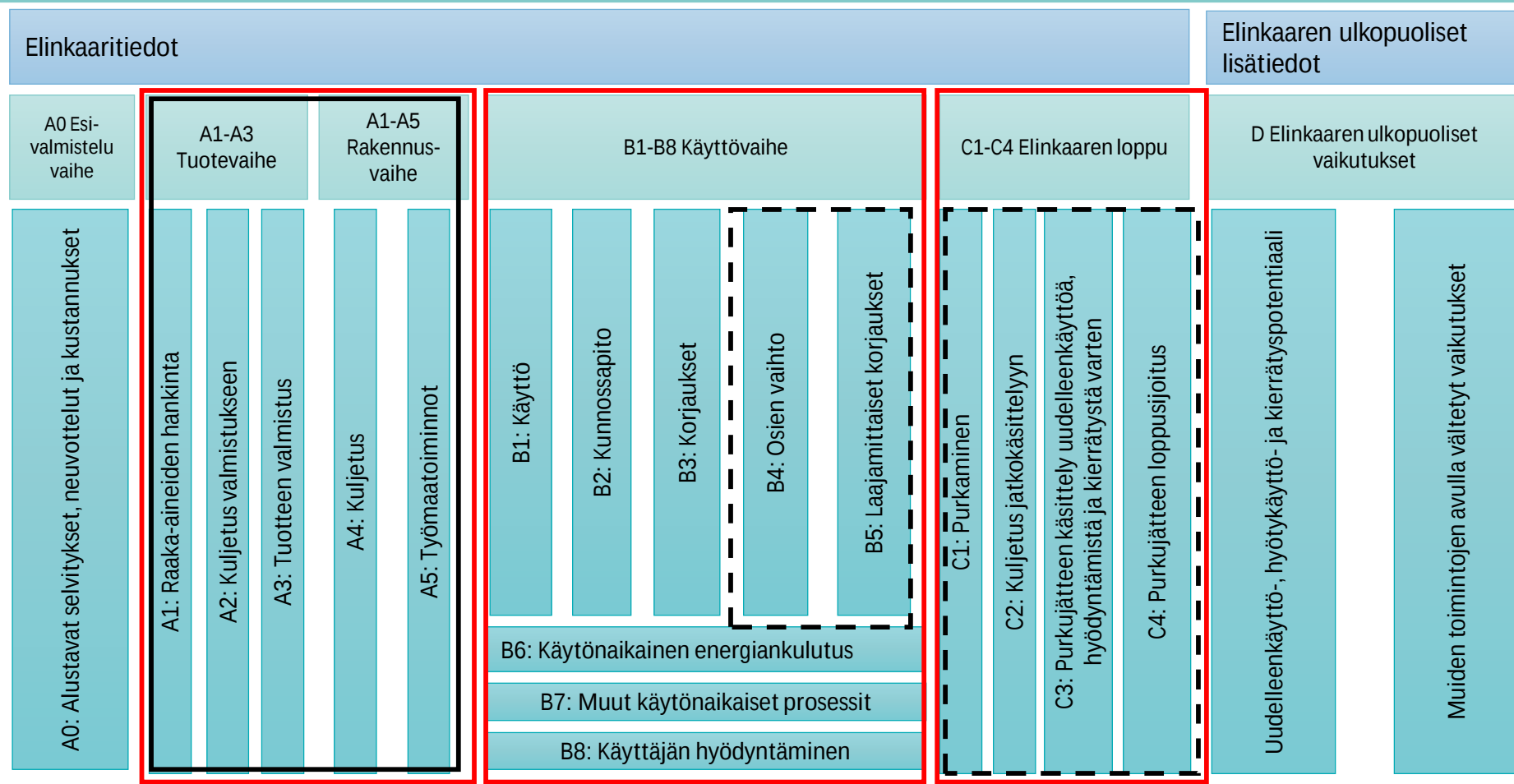
Kruunusillat-raitiotien johtopäätökset

- Kruunusillat raitiotien osalta päästöjä voidaan tarkastella eri hankeosien välillä, elinkaaren vaiheiden mukaan tai päämateriaalien tasolla.
- Hakaniemi-hankeosa ja Saaret-hankeosa eroavat toisistaan.
 - Hakaniemessä on mukana Merihaansilta, lisäksi radan pituus on lyhyt suhteessa Saariin.
 - Saarilla sen sijaan radan pituus on pitkä mutta muut kuin radan rakenteet vähäisiä.
 - Ratasähkön osalta tarkempaa analysointia, ei tehty sillä se ei merkittävä suhteessa muihin hankeosiin ja raitiotien käyttö on laskettu maantieteellisten osaprojektien alle.
- Kruunusillat-raitiotien laajuudessa Saaret-hankeosa tuottaa noin 2/3 raitiotiehankkeen elinkaarenaikaisista päästöistä ja noin 80% operoinnin aikaisista päästöistä.

Laskennan lähtötiedot ja rajaukset

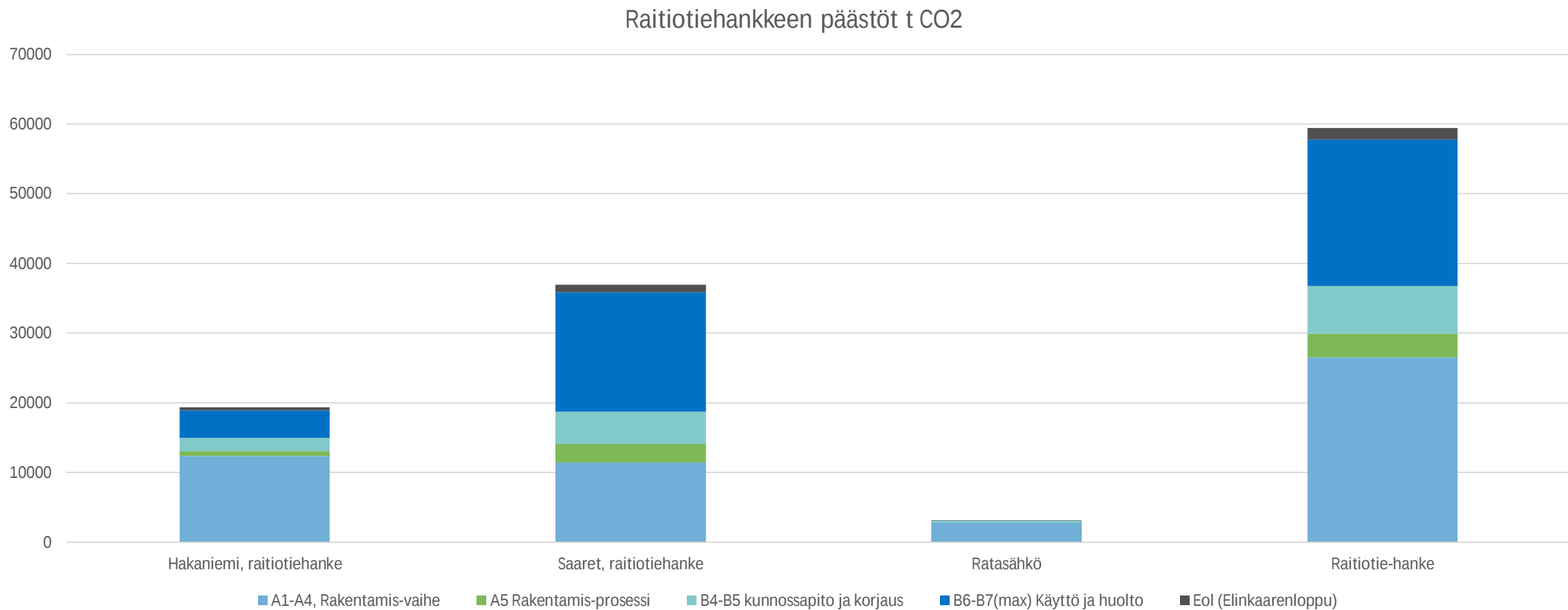
raiotiehanke

siltahanke



Infrahankkeiden elinkaarivaiheet (EN17472)

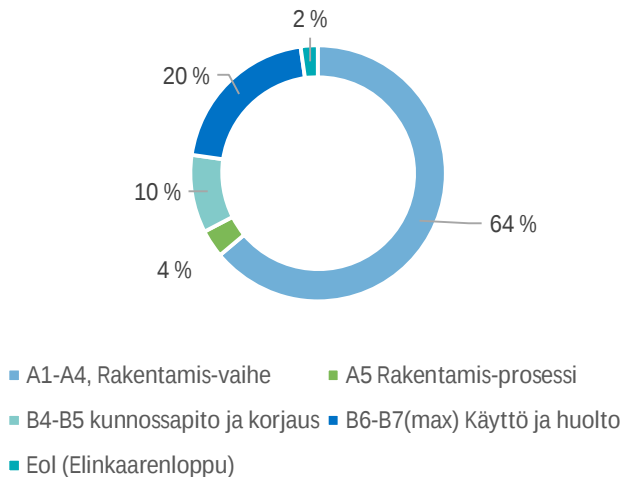
Kruunusillat- raitiotienpäästöt KSA



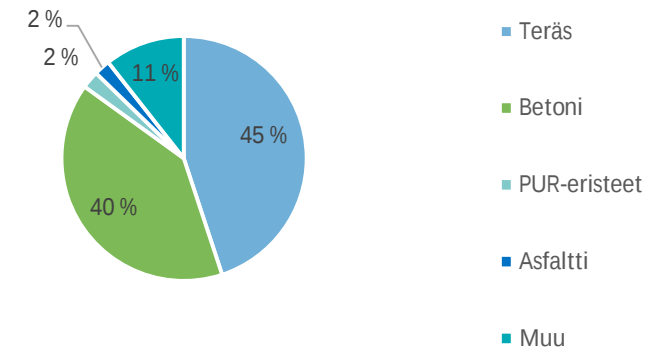
Kruunusillat raitiotie: Hakaniemi, 19311 tCO₂-e

- Hakaniemen osaprojektilla radan pituus verrattuna Saarten radan pituuteen on lyhyt. Tästä syystä operoinnin ja radan rakentamisen päästöt jäävät suhteessa pienemmiksi kuin Saarilla.
- Merihaansilta korostuu raitiohankkeen Hakaniemen osaprojektin päästöissä.
- Betoni ja teräs ovat materiaaleista merkittävimmät.
- Rakentamisvaiheen päästöt ovat yhteensä 68% eli 13026 tCO₂e

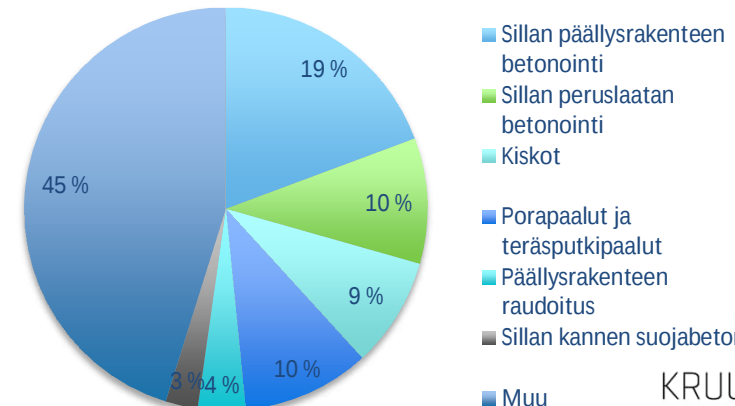
Hakaniemi, raitiotiehankkeen päästöt vaiheittain



Rakennusmateriaalien CO₂- päästöjen prosenttiosuudet, Hakaniemi



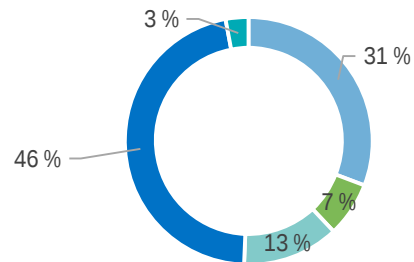
Merkittävimmät rakennusosat päästöjen osalta, Hakaniemi, 14762 tCO₂-evk (A1-B5)



Kruunusillat-raitiotie: Saaret, 36943 tCO₂-e

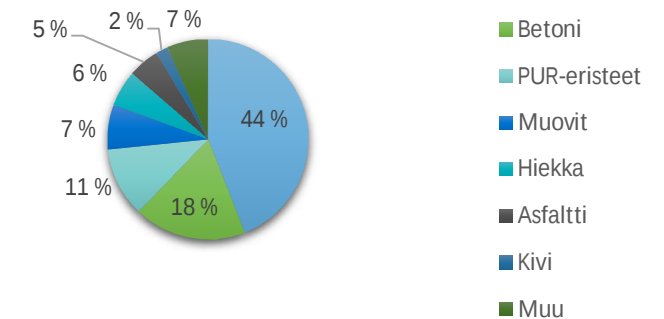
- Saaret- osaprojektilla rakentamisaikaiset päästöt ovat 38% eli 14077 tCO₂-e, alue on maantieteellisesti pitkä, jolloin operoinnin ja kunnossapidon energiankulutuksen vaikutus elinkaaren hiilipäästöön kasvaa.
- Saaret osaprojektilla allianssilla merkittävin rakennusosa on itse kiskot, josta muodostuu noin 37% materiaalien aiheuttamista CO₂-päästöistä, eli 6034 tCO₂-e
- Muu luokittelematon pitää sisällään esimerkiksi pohjanvahvistukset, massanvaihdot ja kiveykset.
- Merkittävimmät materiaalit ovat tälläkin osaprojektilla teräs ja betoni.

Saaret, raitiotiehankkeen päästöt vaiheittain

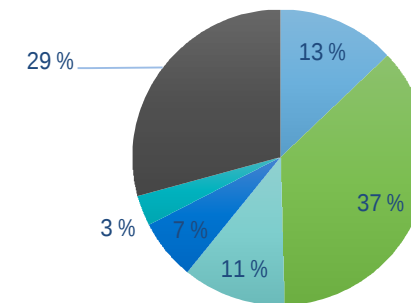


- A1-A4, Rakentamis-vaihe
- A5 Rakentamis-prosessi
- B4-B5 kunnossapito ja korjaus
- B6-B7(max) Käyttö ja huolto
- Eol (Elinkaarenloppu)

Rakennusmateriaalien CO₂-päästöjen prosenttiosuudet, Saaret



Merkittävimmät rakenneosat päästöjen osalta, Saaret 17183 tCO₂-e (A1-B5)



- Kiintoraide
- Kisko
- Tärinäeriste
- Kammiokumi
- Erikoistukikerrokset silloille
- Muu luokittelematon



KRUUNUSILLAT

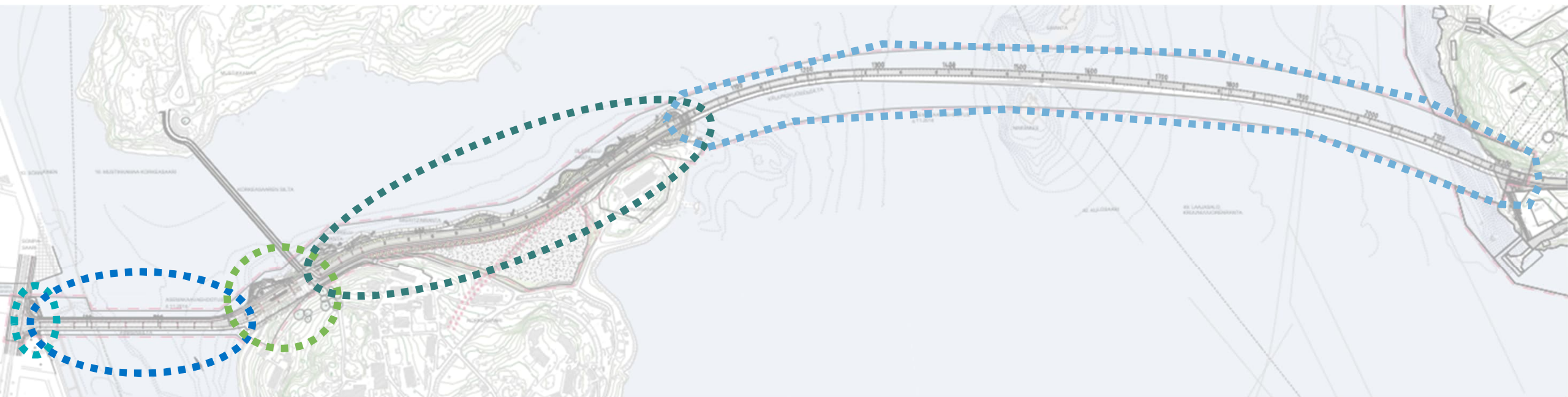
4.3 Kruunusillat siltaurakka Hiilijalanjälki



Kruunusillat- siltahanke

FINKENSILTA

MIERITZINRANTA

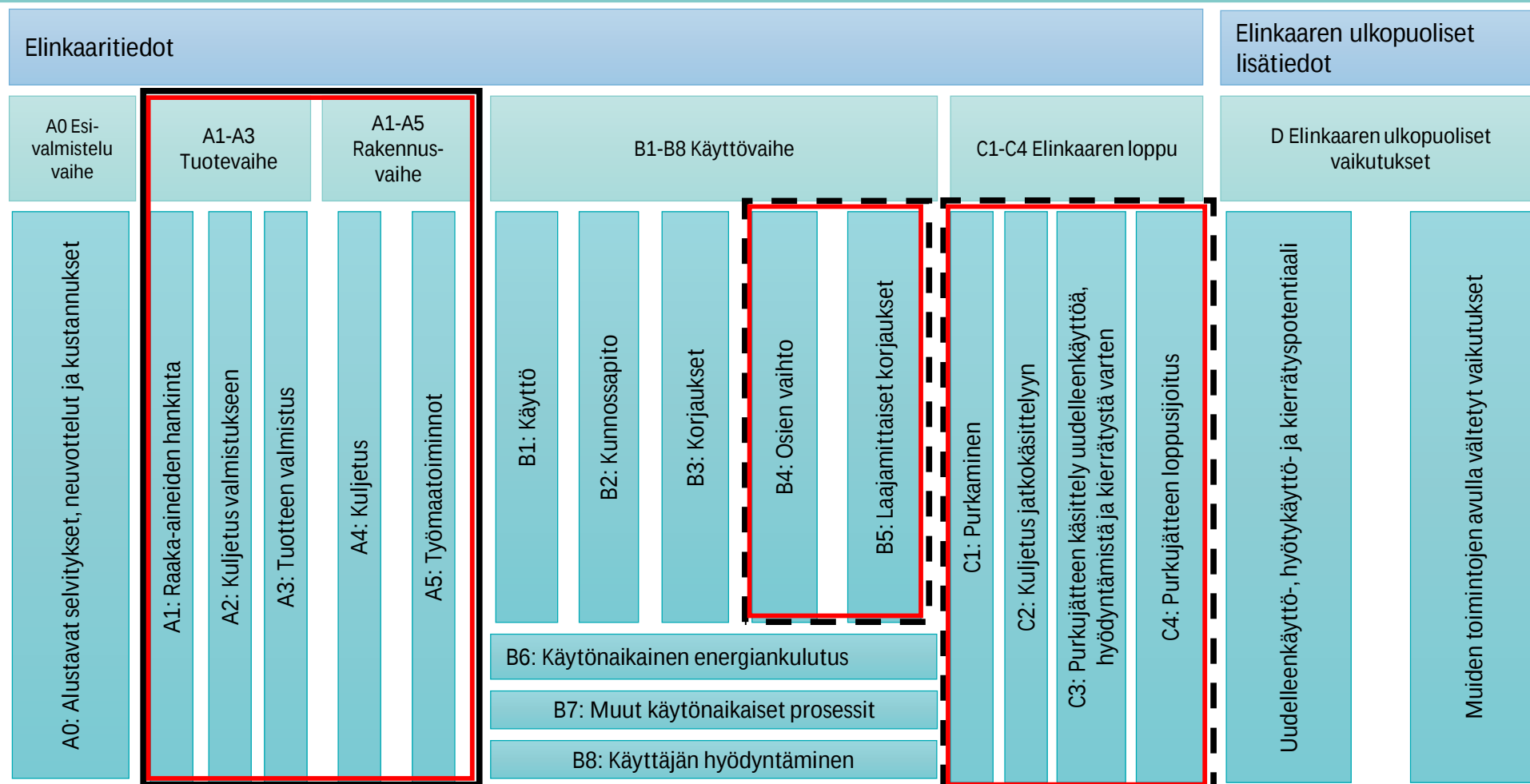


NIHTI

MISCHAN JA MACHAN
AUKIO

KRUUNUVUORENSILTA

Laskennan lähtötiedot ja rajaukset

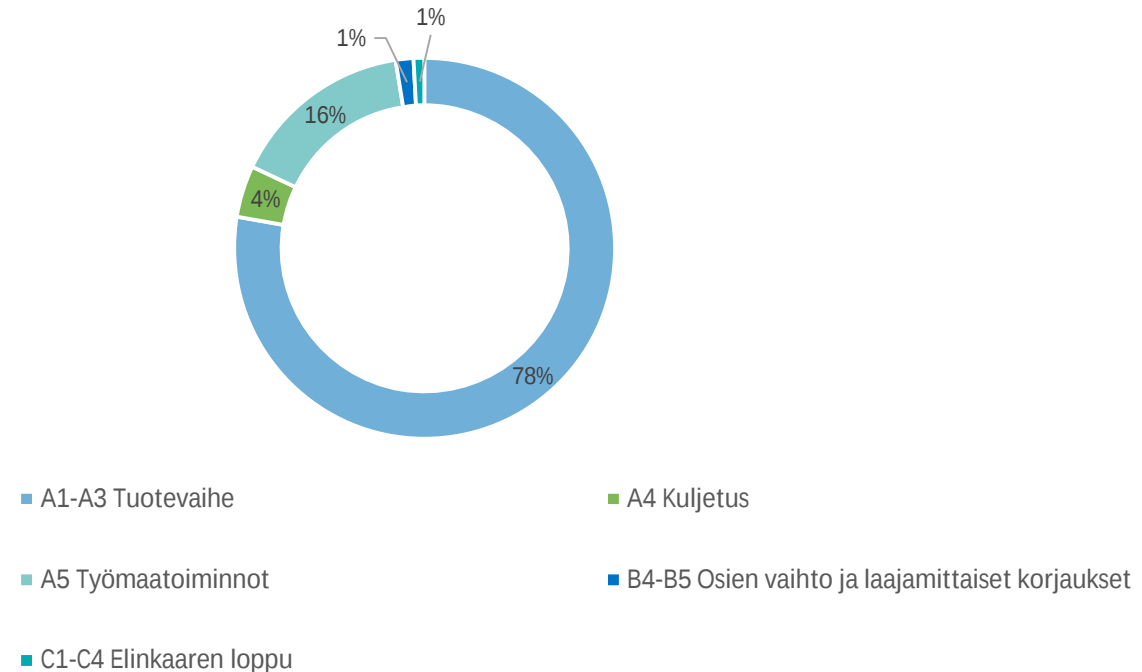


Infrahankkeiden elinkaarivaiheet (EN17472)

Hankkeen hiilijalanjälki, elinkaaren vaiheiden mukaan

- Hankkeen rakentamisen aikaiset päästöt ovat yhteensä 69607 t CO₂-ekv.
- Hankkeen selkeästi suurimmat päästöt kohdistuvat tuotevaiheeseen A1-A3, jonka aikana aiheutuu päästöjä noin 54 000 t CO₂-ekv.
- Työmaatoimintojen päästöt ovat noin 10 900 t CO₂-ekv. Päästöistä 53 % muodostuu Kruunuvuorensillan ja Finkensillan rakentamista varten rakennetuista työsilloista.
 - Työmaatoimintojen päästöjä laskettaessa on hyödynnetty keskimääräisen pohjoismaisen työmaan keskiarvotietoja (mm. sähkönkulutus) ja arviota konetyötunneista.
- Kuljetuksista muodostuu päästöjä noin 3 100 t CO₂-ekv. Kuljetuksissa on huomioitu vain materiaalien kuljetus valmistuspaikalta työmaalle tai kohteesta poistettavien massojen kuljetus loppusijoitukseen. Tyhjiä kuljetusmatkoja ei ole huomioitu.
- Elinkaaren vaiheet B4-B5 ja C1-C4 muodostavat päästöjä vain noin 1 700 CO₂-ekv, koska laskentaan on sisällytetty B ja C –vaiheet vain vaihdettavien osien osalta 50 vuoden laskentajaksolla.

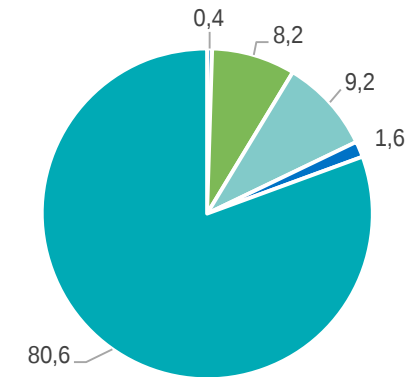
Hankkeen CO₂-ekv päästöjen jakautuminen



Päästöjen jakautuminen hankeosittain

- Suurin osa hankealueen päästöistä syntyy Kruunuvuorensillasta, jonka päästöt ovat noin 81 % eli 56381 tCO₂-evk hankkeen kokopäästöistä. Pienimmät päästöt muodostuvat puolestaan Mischan ja Maschan aukiota, jonka päästöt ovat noin 0,4 % hankkeen kokonaispäästöistä.
 - Mischan ja Maschan aukion päästöt ovat hyvin pienet suhteessa kokonaisuuteen, koska alueella tehdään vain vähän maanalaista rakentamista suunnittelualueen pinta-alaan nähden.
 - Nihtin päästöt taas ovat pinta-alaansa nähden suuret, koska alueelle tehdään Finkensiltaan liittyviä tukirakenteita, joiden materiaalit ovat päästöintensiivisiä.
- Päästöt sillan kansineliötä kohden jakaantuvat seuraavasti:
 - (Teräsrakenteinen) Kruunuvuorensilta 2,7 CO₂-ekv/m²
 - (Betonirakenteinen) Finkensilta 1,8 CO₂-ekv/m²
 - Maanvaraiset (Nihti, Mieritzinranta, Mischan ja Maschan aukio), 0,2 CO₂-ekv/m²

Päästöjen jakautuminen hankealueittain (%)



■ Mischan ja Maschan aukio ■ Mieritzinranta ■ Finkensilta ■ Nihti ■ Kruunuvuorensilta

Hankealue	Pinta-ala (m ²)
Nihti	300
Finkensilta	5900
Mischan ja Maschan aukio	5000
Mieritzinranta	28900
Kruunuvuorensilta	20900

Suurimmat päästölähteet materiaaleittain

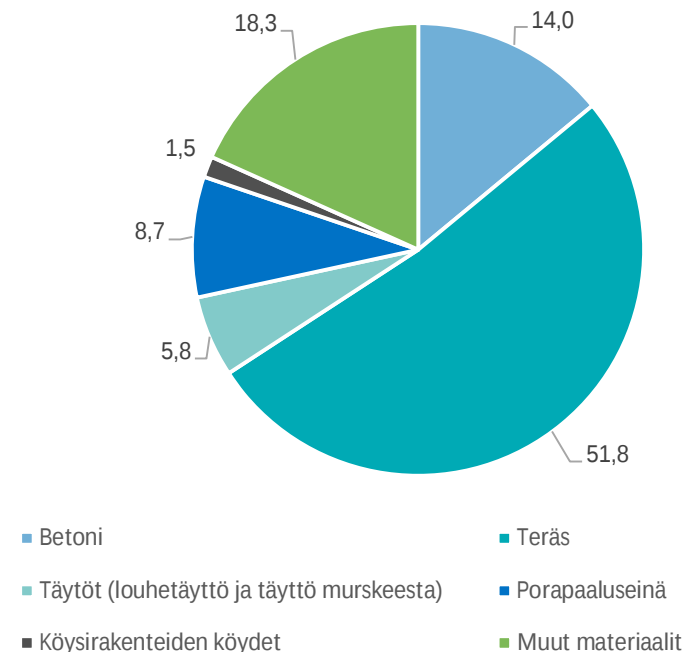
Suurin osa yksittäisten materiaalien päästöistä aiheutuu betonista sekä teräksestä. Betonin aiheuttamat päästöt ovat noin 14 prosenttia hankkeen päästöistä ja teräksen aiheuttamat päästöt ovat puolestaan noin 52 prosenttia.

- Laskennassa on oletettu että hankkeella käytetty teräs on uutta rautamalmista valmistettua terästä.
- Laskennassa on oletettu että betonissa käytettävä sementti on osittain korvattu vähäpäästöisemmällä masuunikuonalla. Silti betonin seosaineesta suurimman osan on oletettu olevan sementtiä. Betonin valmistuksessa voidaan käyttää myös muita vähäpäästöisiä seosaineita, kuten lentotuhkaa.

Betoni ja teräs ovat hiili-intensiivisiä materiaaleja. Betoni on maailman eniten käytetty rakennusmateriaali ja teräs puolestaan on tärkein käyttömetalli.

Molemmat materiaalit ovat hyvin kierrätettävissä olevia materiaaleja, ja Suomessa betonin kierrätysaste ylittää nykyään 80 %. Betonia voidaan kierrättää esimerkiksi murskeeksi tai uusiorunkorakenteeksi. Teräs soveltuu myös hyvin kierrätettäväksi materiaaliksi, sillä sitä voidaan kierrättää lukuisia kertoja ilman, että sen ominaisuudet heikkenevät. Suomessa teräksen kierrätysaste on yli 95 prosenttia. Hankkeen materiaaleille on siis suuri kierrätyspotentiaali.

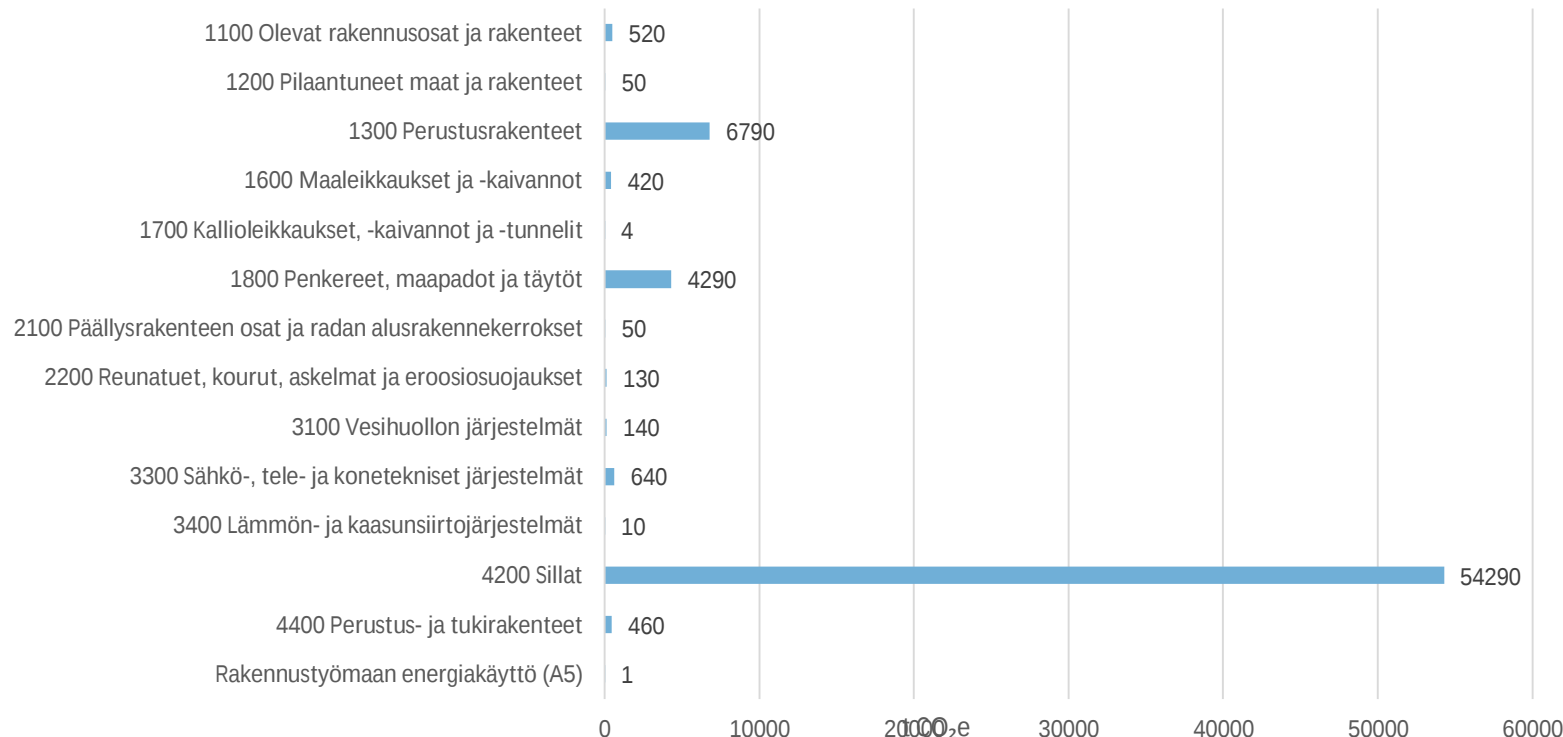
Rakennusmateriaalien CO₂e –päästöjen prosenttiosuudet



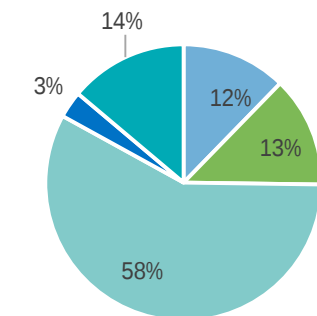
Päästöjen jakautuminen rakennusosittain

- Kuvaajissa on esitetty hankkeen päästöjen jakautuminen rakennusosittain.
 - Koska päästöistä merkittävä osa muodostuu siltarakenteista, on päästöjen jakautumista siltarakenteisiin tarkasteltu tarkemmin oikean puoleisessa kaaviossa.

Päästöjakauma rakennusosittain



Siltarakenteiden päästöjen jakautuminen



- Sillan peruslaatat 4207
- Sillan tukirakenteet 4210
- Sillan päällysrakenteet 4220
- Sillan kannen pintarakenteet 4230
- Sillan varusteet ja laitteet 4240



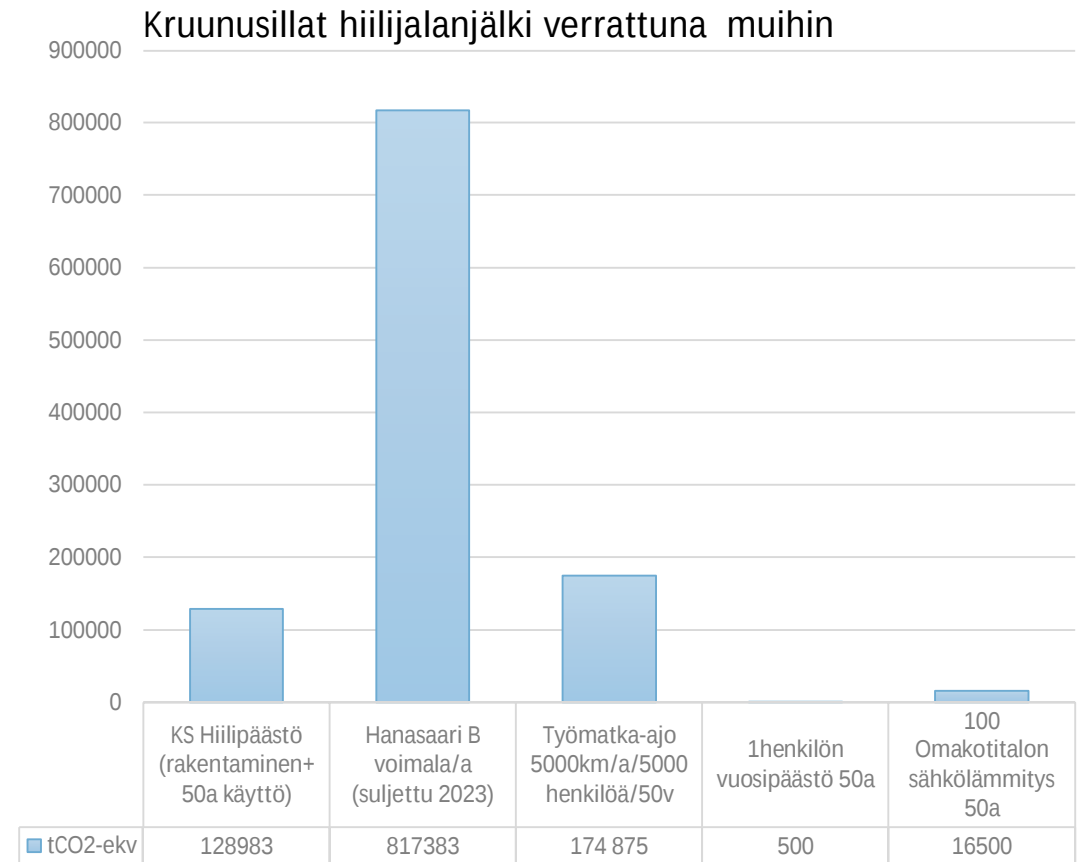
HAVAINTOJA JA TOIMENPIDE EHDOTUKSIA.

Päästöjen vertailu ja suuruusluokka

- Kruunusillat raitiotien, siltojen + raitiotien käytön päästöt 50 vuoden aikana vastaavat noin 12898 keskivertosuomalaisen vuotuisia hiilipäästöjä.
- Jos autoilija käy Kruunuvuorenrannasta Hakaniemessä kerran jokaisena työpäivänä tulisi tästä vuosittaista ajoa n.5000 km/a. Mikäli autoilijoita olisi 5000, vastaisivat autoilijoiden näiden ajojen päästöt 37 vuodessa samaa kuin koko Kruunusillat-hankeen päästöt.

- Lähteet

- <https://www.openco2.net/fi/co2-tietoa>
- [https://energiavirasto.fi/Laitoskohtaiset tiedot vuosien 2013-2021](https://energiavirasto.fi/Laitoskohtaiset_tiedot_vuosien_2013-2021)



Ehdotukset ja huomioita toimenpiteistä vaiheittain

Hankesuunnittelu	Suunnittelu	Rakentamisvaihe
Tavoitteiden asettaminen	CO2 vertailut osaksi suunnitteluprosessia	Vähähiiliset materiaalivalinnat
CO2 päästöt osaksi suunnitteluvaatimuksia	Vähähiilisten materiaalien valinta jo suunnittelussa	Työkoneet ja töiden optimointi
Tiedon ja ymmärryksen lisääminen tilaajille	EPD tietojen vaatiminen	Kuljetusten ja logistiikan optimointi
CO2 päästöt osaksi kilpailutuksia	Päästöjen minimointi osaksi suunnitteluprosessia	Uudelleen käytettävät materiaalit ja rakenteet.

- Kruunusilltojen suunnittelun aikaan infrahankkeiden CO2-laskenta ei ole ollut tapana tehdä.
- Laskenta kehittyy yhä ja varhaisten vaiheiden laskennat eivät ole vertailukelpoisia.
- Tulevaisuuden hankkeiden osalta tulisi päästä toteavasta laskennasta tiedolla johtamiseen.
- Tilaajien tulee olla aktiivisia ja vaatia laskentoja ja tuottajien EPD tietoja.
- EPD tietojen puute heikentää laskennan luotettavuutta.