

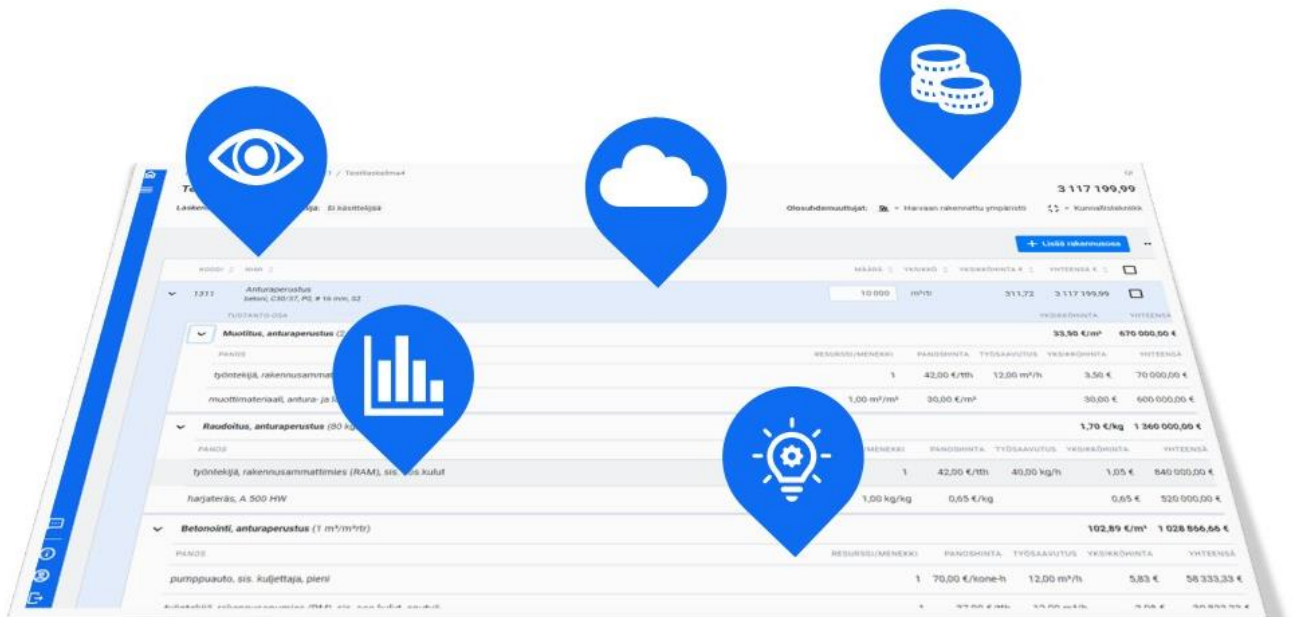


Väylävirasto
Trafikledsverket

Väyläviraston julkaisu
60/2022

Päästölaskennan mahdollisuudet Ihku-laskentapalvelussa

Selvitys



Aki Peltola, Taavi Dettenborn, Heidi Kotiranta,
Justus Viita-aho, Noora Eklöf

Päästölaskennan mahdollisuudet Ihku- laskentapalvelussa

Selvitys

Väyläviraston julkaisuja 60/2022

Kannen kuva: Ihku-allianssi

Verkkajulkaisu pdf (www.vayla.fi)

ISSN 2490-0745

ISBN 978-952-317-999-8

Väylävirasto
PL 33
00521 HELSINKI
puh. 0295 343 000

Aki Peltola, Taavi Dettenborn, Heidi Kotiranta, Justus Viita-aho, Noora Eklöf: Päästölaskennan mahdollisuudet Ihku-laskentapalvelussa - Selvitys. Väylävirasto Helsinki 2022. Väyläviraston julkaisuja 60/2022. 35 sivua. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-317-999-8.

Avainsanat: päästöt, rakentaminen, hankkeet

Tiivistelmä

Ihku-Allianssin yhtenä kehitysaihiona on CO₂-laskennan mahdollistaminen Ihku-laskentapalvelussa. Tämän työn ensisijaisena tarkoituksena on tuottaa Ihku-Allianssille tietoa päästölaskennan toteutuksen kehitystehtävistä Ihku-laskentapalvelussa, jotta kehitystyön suuruutta on mahdollista arvioida. Päätöstä CO₂-laskennan toteuttamisesta Ihku-laskentapalvelussa ei ole vielä tehty.

Infra-alan toiveena on kehittää panoksiin pohjautuvaa päästölaskentaa tuottamaan tietoa nykyisen kustannuslaskennan lisäksi rakentamisen päästöistä. Toiveen taustalla on muuttuvan päästöpolitiikan vaikutus lainsäädäntöön sekä rakennusalan pyrkimys muuttaa prosessejaan ilmastoviisaampaan suuntaan. Päästölaskennan mahdollisuudet Ihkussa on Väyläviraston johtama selvitys mahdollisuudesta toteuttaa päästölaskentasovellus Ihku-kustannuslaskentapalvelussa.

Viime vuosina on infra-alalla tuotettu useita elinkaariarviointiin ja päästölaskennan toteuttamiseen liittyviä raportteja ja julkaisuja, joissa on pyritty selvittämään nykytilannetta ja ehdotettu kehitystoimenpiteitä. Päästölaskennan pohjana käytetään yleensä päästötietoja sisältäviä, usein toimijakohtaisia tietokantoja, joillain CO₂-laskennat eivät tuota suoraan vertailukelpoista dataa. Suomen ympäristökeskus vastaa Suomen kansallisesta päästötietokannasta, jota parhaillaan ollaan kehittämässä ja laajentamassa vastaamaan infrarakentamisen tarpeita. Tietokannan kehittämistyössä on hyödynnetty Ihkuun luotua rakennusosakirjastoa. Tavoitteena on, että tietokanta yhdenmukaistaa laskentoja tulevaisuudessa.

Infrahankkeiden päästölaskennassa käytetään tyypillisesti panospohjaista laskentamenetelmää, joka voidaan jakaa neljään päävaiheeseen: hankkeen kustannusarvion laskenta panosrakenteen tuottamiseksi, rakentamisen panoskäytön selvitys, päästökertoimien määrittäminen ja päästölaskenta. Laskentaa voidaan tehdä esim. Excelissä, mutta laskentaa varten on myös kehitetty laskentasovelluksia, jotka yleensä keskittyvät tiettyyn suunnitteluvaiheeseen. Kaikissa pohjoismaisissa laskentaohjelmissa on otettu huomioon infrarakenteen elinkaaren vaiheet raaka-aineista, kuljetuksesta ja tuottamisesta (tuotantovaiheet A1–A3).

Vaikka rakentamisesta aiheutuvien kasvihuonekaasujen arviointi ei vielä ole infrastruktuurihankkeissa lakisääteistä, on se alkanut olla yleistävämpi käytäntö. Hankkeiden ympäristövaikutuksia on tähän asti lainmukaisesti arvioitu suurissa tai muuten merkittävässä hankkeissa ympäristövaikutusten arviointimenettelyssä (YVA). Myös hankkeen hyöty-kustannussuhteen laskennassa otetaan ympäristöhaittojen vaikutuksia huomioon. Jotta päästölaskenta integroituisi jatkuvaksi, hallituksi ja päämäärätietoiseksi osaksi hankkeiden kulkua, tulisi se sitoa kustannustenhallinnan kaltaiseen prosessiin. Tämä mahdollistaisi myös hiilidioksidipäästöjen hallinnalle yhtenevät käytännöt ja terminologia.

Ihku-laskentajärjestelmän olennaisia osia ovat rakennusosakirjasto ja kustannusdata. Jos kustannusten rinnalle tuodaan päästödata, voisi laskentasovellus toimia työkaluna myös ilmastovaikutusten arvioinnissa. Päästölaskennan liittäminen kustannuslaskentajärjestelmään hyödyttää palvelun käyttäjää sekä linkittää sen vastaavaan prosessiin kustannushallinnan kanssa. Integroitu järjestelmä mahdollistaa samanaikaisen kustannus- ja päästölaskennan laatimisen sekä laskelmien päivittyessä molempien ajantasaisuuden.

Läpinäkyvän hierarkkisen rakenteensa vuoksi Ihku-laskentasovellus voisi toimia pohjana päästölaskennalle. Hankeosa- ja rakennusosalaskenta käyttävät samoja panoksia, jolloin eri panosten päästötieto olisi automaattisesti suunnitelmien pohjana. Ensimmäisenä kehitysvaiheena päästölaskenta voisi toteutua Ihkun panosraporttitoiminnallisuuden pohjalta. Ihkun laskentajärjestelmän ja päästötietokantojen kehittyessä perusteltua olisi toteuttaa päästölaskenta samassa yhteydessä Ihkun kustannuslaskennan kanssa. Ihkun käyttöliittymän kehitys voisi mahdollistaa myös hankeosatasoisen päästölaskennan tulevaisuudessa. Alan kehityksen kannalta olisi myös toivottavaa, että päästölaskentaa – joko panosraportin pohjalta tai erillisenä työkaluna – toteutettaisiin myös muilla sovelluksilla, alan yhteisten sääntöjen mukaisesti. Tämä vaatii infra-alalla vuoropuhelua ja sisäistä kehitystä päästölaskennan toimivan prosessin löytämiseksi.

Aki Peltola, Taavi Dettenborn, Heidi Kotiranta, Justus Viita-aho, Noora Eklöf: Möjligheterna för utsläppsberäkning i Ihku - Utredning. Trafikledsverket. Helsingfors 2022. Trafikledsverkets publikationer 60/2022. 35 sidor. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-317-999-8.

Sammanfattning

Ett av Ihku-Allianssis utvecklingsobjekt är att möjliggöra beräkning av CO₂-utsläpp i kostnadsberäkningstjänsten Ihku. Det primära syftet med detta arbete är att producera information för Ihku-Allianssi om uppgifterna inom utvecklingen av genomförandet av utsläppsberäkningen i kostnadsberäkningstjänsten Ihku, så att utvecklingsarbetets omfattning kan bedömas. Beslut om genomförandet av beräkning av CO₂-utsläpp i kostnadsberäkningstjänsten Ihku har ännu inte fattats.

Infrastrukturbranschens önskan är att utveckla en utsläppsberäkning som grundar sig på insatser för att utöver den nuvarande kostnadsberäkningen även producera information om utsläppen från byggandet. I bakgrunden till önskan finns den föränderliga utsläppspolitikens inverkan på lagstiftningen och byggbranschens strävan efter att göra sina processer klimatsmartare. Möjligheterna för utsläppsberäkning i Ihku är en utredning som leds av Trafikledsverket om möjligheten att genomföra en applikation för utsläppsberäkning i kostnadsberäkningstjänsten Ihku.

Under de senaste åren har det i infrastrukturbranschen producerats flera rapporter och publikationer om genomförandet av livscykelanalyser och utsläppsberäkningar, där man har strävat efter att kartlägga nuläget och föreslagit utvecklingsåtgärder. Som grund för utsläppsberäkningen används ofta aktörspecifika databaser som innehåller utsläppsuppgifter, varvid beräkningarna av CO₂-utsläpp inte producerar direkt jämförbara data. Finlands miljöcentral ansvarar för Finlands nationella utsläppsdatabas som för närvarande utvecklas och utvidgas för att motsvara infrastrukturbyggandets behov. I databasens utvecklingsarbete har man använt byggdelsbiblioteket som skapats i Ihku. Målet är att databasen ska i framtiden förenhetliga beräkningarna.

I utsläppsberäkningen av infrastrukturprojekt används typiskt en insatsbaserad beräkningsmetod som kan indelas i fyra huvudfaser: beräkning av projektets kostnadskalkyl för att producera insatsstrukturen, utredning av byggandets insatsanvändning, fastställande av utsläppskoefficienterna och utsläppsberäkning. Beräkningar kan göras till exempel i Excel, men det har också utvecklats beräkningsapplikationer som i regel fokuserar på en visst planeringsfas. I alla nordiska beräkningsprogram har man beaktat de olika faserna under infrastrukturens livslängd från råvaror, transport och produktion (produktionsfaserna A1–A3).

Även om uppskattningen av växthusgaserna från byggandet ännu inte är lagstadgad i infrastrukturprojekt, har den blivit allt vanligare. Projektens miljökonsekvenser har hittills bedömts enligt lag i stora eller annars betydande projekt i förfarandet för miljökonsekvensbedömning (MKB). Också i projektets nytto-kostnadsanalys beaktas effekterna av miljöolägenheter. För att utsläppsberäkningen ska bli integrerad som en kontinuerlig, kontrollerad och målmedveten del av projekten, bör den bindas till en process som liknar kostnadshantering. Detta skulle också möjliggöra enhetliga rutiner och terminologi för hanteringen av koldioxidutsläpp.

Byggbiblioteket och kostnadsdata är väsentliga delar av kostnadsberäknings-tjänsten Ihku. Om utsläppsdata införs vid sidan om kostnaderna, skulle en beräk-ningsapplikation kunna fungera som verktyg också i bedömningen av klimatpåver-kan. Att sammanföra utsläppsberäkningen med kostnadsredovisningssystemet gagnar tjänstens användare och länkar utsläppsberäkningen till en motsvarande process med kostnadshanteringen. Ett integrerat system möjliggör samtidig be-räkning av kostnader och utsläpp, samt att båda data hålls aktuella när beräkning-arna uppdateras.

På grund av sin transparenta hierarkiska struktur skulle Ihkus applikation för ut-släppsberäkning kunna fungera som underlag för utsläppsberäkningen. Projekt-dels- och byggbiblioteket använder samma insatser, varvid olika insatsers utsläppsdata automatiskt skulle finnas som underlag för planerna. Som första ut-vecklingsfas skulle utsläppsberäkningen kunna genomföras baserat på Ihkus in-satsrapport. När Ihkus beräkningssystem och utsläppsdata-baser utvecklas är det motiverat att genomföra utsläppsberäkningen i anslutning till Ihkus kostnadsbe-räkning. Utveckling av Ihkus användargränssnitt skulle i framtiden också kunna möjliggöra projektdelsspecifik utsläppsberäkning. Med tanke på branschens ut-veckling är det också önskvärt att genomföra utsläppsberäkning – antingen utifrån en insatsrapport eller som ett separat verktyg –också med andra applikationer, i enlighet med branschens gemensamma regler. Detta kräver dialog inom infra-strukturbranschen och intern utveckling för att hitta en fungerande process för utsläppsberäkning.

Aki Peltola, Taavi Dettenborn, Heidi Kotiranta, Justus Viita-aho, Noora Eklöf: Possibilities of Emission Calculation in Ihku - Report. Finnish Transport Infrastructure Agency Helsinki 2022. Publications of the FTIA 60/2022. 35 pages. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-317-999-8.

Abstract

One potential development proposal for the Ihku Alliance is to enable the calculation of CO₂ emissions in the Ihku service. The primary purpose of this work is to provide Ihku Alliance with information on the development tasks related to the implementation of emission calculation in the Ihku service so that the scope of the development work can be estimated. The decision on implementing CO₂ calculation in the Ihku service has not yet been made.

The infrastructure sector aims to develop resource-based emission calculation to produce data on emissions from construction in addition to the current cost calculation. The goal is based on the impact of emission policy changes on legislation and the construction industry's desire to change its processes in a more climate-friendly direction. Possibilities of Emission Calculation in Ihku is a study led by the Finnish Transport Infrastructure Agency on the possibility of implementing an emission calculation application in the Ihku cost calculation service.

In recent years, the infrastructure sector has produced several reports and publications related to life cycle evaluation and implementation of emission calculation with the aim of clarifying the current situation and proposing development measures. Emission calculation is usually based on operator-specific databases that contain emission data, resulting in CO₂ calculations that do not provide directly comparable data. The Finnish Environment Institute is responsible for Finland's national emissions database, which is currently being developed and expanded to meet the needs of infrastructure construction. The development work has used the cost database created in Ihku to harmonise the calculations in the future.

Emission calculation of infrastructure projects typically uses a resource-based calculation method that can be divided into four main phases: calculating the project cost estimate to determine the resource structure, determining the use of construction resources, determining the emission factors, and emission calculation. The calculation can be done, for example, in Excel, but there are also dedicated applications, which usually focus on a specific planning phase. All Nordic calculation programs consider the life cycle phases of an infrastructure element, including raw materials, transport and production (production phases A1–A3).

Although assessing greenhouse gas emissions from construction is not yet statutory in infrastructure projects, it has become more common. Up to now, the statutory assessment of the environmental impact of large or otherwise significant projects has been conducted by the Environmental Impact Assessment procedure (EIA). Environmental damage is also considered in the calculation of the project's benefit-cost ratio. To be integrated as a continuous, controlled and purposeful part of the projects, emission calculation should be linked to cost management or a similar process. It would also allow uniform practices and terminology for CO₂ emissions management.

The cost database and cost data are essential parts of the Ihku calculation system. If emissions data are introduced alongside costs, the calculation application could also serve as a climate impact assessment tool. Adding emission calculation to the cost calculation system benefits the users of the service and links it to the same process in conjunction with cost management. An integrated system enables the simultaneous preparation of cost and emission calculations and ensures that both will be up-to-date as the calculations are updated.

The Ihku calculation application, with its transparent hierarchical structure, could serve as a basis for emission calculation. With the project structure and structure-based cost calculation using the same resources, the emission data of different resources would automatically form the basis of the plans. The first development step could be implementing emission calculation based on the Ihku resource report feature. As the Ihku calculation system and emission databases develop, it would make sense to implement the emission calculation in conjunction with Ihku's cost calculation. Future development of Ihku's user interface could also include project-level emission calculation. To develop the sector as a whole, it would also be good to see emission calculation implemented – either based on the resource report or as a stand-alone tool – in other applications in compliance with common rules in the sector. For this, the infrastructure sector must engage in dialogue and internal development to devise a viable emission calculation process.

Esipuhe

Tämän selvitystyön tavoitteena oli tutkia Ihku-kustannuslaskentajärjestelmän mahdollista roolia päästölaskennan osana Infra-alalla. Työ tehtiin konsulttityönä, ja hankkeen projektipäällikkönä toimi Tiina Perttula Ramboll Finland Oy:stä. Projektin työryhmään kuuluivat Mittaviiva Oy:stä Aki Peltola ja Ramboll Finland Oy:stä Taavi Dettenborn, Heidi Kotiranta, Justus Viita-aho ja Noora Eklöf.

Työn tilaajana oli Väylävirasto, ja tilaajan projektipäällikkönä toimi Jaana Suittio. Työtä on ohjannut ohjausryhmä, joka on koostunut Väyläviraston, Suomen ympäristökeskuksen, Green Building Councilin sekä Helsingin, Turun, Tampereen, Vantaan ja Espoon kaupunkien edustajista.

Helsingissä lokakuussa 2022

Väylävirasto
Hankehallinta

Sisältö

1	JOHDANTO.....	4
2	PÄÄSTÖLASKENTA INFRA-ALALLA	5
2.1	Päästölaskentaselvitykset infrahankkeissa.....	5
2.2	Päästötietokannat	6
2.2.1	CO2data	7
2.3	Standardit päästölaskennalle	7
2.4	Laskentametodit	9
2.5	Laskentasovellukset.....	10
2.6	Lainsäädäntö	11
2.7	Päästölaskenta suunnitteluprosessissa.....	12
2.7.1	Suunnittelunohjaus ja hankeprosessin ohjaus	12
2.7.2	Infrahankkeiden elinkaariarviointi.....	12
2.7.3	Päästölaskennan ohjaava vaikutus	13
3	PÄÄSTÖLASKENNAN PILOTTIHANKKEET	15
3.1	Vt 5 Hurus-Hietanen CO ₂ -laskentapilotti (Ihku-laskentasovellus ja infra-päästötietokanta)	15
3.2	CASE-tarkastelut ratahankkeiden elinkaaren CO ₂ -päästövaikutuksista	16
3.3	Kehä I liittymän parantaminen Kivikontien eritasoliittymän kohdalla.....	17
4	TULEVAISUUDEN TARPEET PÄÄSTÖLASKENNALLE – TYÖPAJAN TULOKSET	19
4.1	Tavoitteet päästölaskennalle	19
4.2	Päästölaskennan tarpeet eri hankevaiheissa	19
4.3	Vähimmäisvaatimukset päästölaskennalle.....	21
4.4	Visio päästölaskennan prosessista.....	21
4.5	Yhteenveto työpajasta	21
5	IHKU-LASKENTAJÄRJESTELMÄN ROOLI PÄÄSTÖLASKENNASSA	23
5.1	Perustiedot Ihku-laskentapalvelusta	23
5.2	Päästölaskennan toteuttamismahdollisuudet Ihkussa.....	24
5.2.1	Päästölaskentaskenaarioiden analyysit.....	25
5.3	Rakennusosanimikkeistö vs. päästönimikkeistö	27
5.4	Päästötietokanta	28
5.5	Päästölaskennan käytännön toteutettavuus Ihkussa	28
6	YHTEENVETO	33
	LÄHTEET.....	35

1 Johdanto

Ihku-Allianssin yhtenä kehitysaihiona on CO₂-laskennan mahdollistaminen Ihku-laskentapalvelussa. Tämän työ tarkoituksena on tarjota Ihku-allianssille suositus mahdolliseksi etenemistavaksi päästölaskennan toteuttamiseksi Ihku-laskentapalvelussa. Tämä työ ei ota kantaa siihen, että tullaanko päästölaskenta toteuttamaan Ihku-laskentapalvelussa, vaan tarkastelee CO₂-laskennan toteuttavuuteen liittyviä teknisiä ja toiminnallisia vaatimuksia, joiden perusteella Ihku-allianssilla on mahdollista arvioida tarvittavan kehitystyön suuruutta.

Selvityksen etenemistä on säännöllisesti esitelty Ihku-allianssille ja työssä tunnistettuja kehitystarpeita on tarkasteltu Ihku-laskentasovelluksen näkökulmasta. Työn tarkoituksena on kuvata minimitoiminnallisuudet, joita päästölaskentana toteuttaminen Ihku-laskentapalveluun edellyttää. Suosituksissa on huomioitu ulkoisten muuttujien tuomat reunaehdot.

Infra-alan yhteisenä toiveena on kehittää Ihku-kustannuslaskentapalvelun tuottamaa tietoa hyödynnettäväksi myös hankkeiden rakentamisesta aiheutuvien hiilidioksidipäästöjen laskentaan. Tarve vähentää kokonaisvaltaisesti hiilidioksidipäästöjä johtaa juurensa kuntien ja valtion asettamiin kunnianhimoisiin, muuttuvan ilmastopolitiikan aikaansaamiin ilmastotavoitteisiin. Tavoitteisiin pääseminen vaatii infrahankkeiden osalta mm. niiden rakennusosien tunnistamista, joiden päästöt ovat suurimpia, konkreettisia toimia päästöjen vähentämiseksi sekä päästöjen seurantaan läpi koko hankkeen elinkaaren. Näiden toimien pohjana tulee olla ajantasainen, vertailukelpoinen ja luotettava laskentatieto päästöjen muodostumisesta.

Tässä selvitystyössä tutkittiin Ihkun mahdollista roolia infrahankkeiden päästölaskennan prosessin toteuttamisessa. Ihkussa jo valmiiksi panospohjainen kustannusarvioiden laskenta voisi olla mahdollista yhdistää vastaavia panoksia hyödyntävään päästötietokantaan. Työn aluksi kartoitettiin nykyisen päästölaskentatoiminnan tilanne infra-alalla jo laadittujen selvitysten, nykyisten päästölaskentametodien, -sovellusten ja -standardien sekä päästötietokantahankkeiden pohjalta. Lisäksi työssä kuvattiin infrahankkeiden suunnittelu- ja hankeprosessin etenemistä ja päästölaskennan ohjaavan vaikutuksen soveltumista tähän prosessiin. Käytännön päästölaskentaa tutkittiin kolmen pilotointihankeen kautta (ks. luku 3).

Selvitystyön osana on toteutettu työpaja, jonka tuloksista voidaan havaita selkeää ja jopa kiireellinen tarve päästölaskennan tavoitteen mukaiselle laskennalle hankkeiden varhaisista vaiheista lähtien (ks. luku 4). Koottujen infra-alan asiantuntijanjakemusten, kirjallisen selvityksen sekä Ihku-laskentasovelluksen kehityspotentiaalinn tunnistamisen pohjalta esitetään mahdolliset etenemispolut, joilla Ihkun tuottaman tiedon avulla on mahdollista kehittää päästölaskentaa. Skenaariot on esitetty luvussa 5.2 Päästölaskennan toteuttamismahdollisuudet Ihkussa.

Tämän laaja-alaisen tutkimuksen taustalla on koko hankkeen aikana pidetty yllä vuoropuhelua työpajan lisäksi hankkeen ohjausryhmätyöskentelyssä. Asiantuntijalähtöisen arvioinnin pohjalta on tehty ehdotus mahdollisesta päästölaskennan kehittämisen etenemispolutta ja Ihkun roolista siinä. Tämä ja koonti selvitystyön muista tuloksista on esitetty yhteenvedossa luvussa 6.

2 Päästölaskenta infra-alalla

Selvitystyön aikana kartoitettiin, miten infra-alalla on tähän mennessä edistetty päästölaskentaa mm. tehtyjen selvitysten, päästötietokantojen kehityksen ja laskentametodien ja -sovellusten osalta. Näiden lisäksi tässä luvussa käydään läpi, mikä on lainsäädännön rooli infra-alan päästölaskennan vaatimuksille sekä miten nykyinen suunnitteluprosessi mahdollistaa päästölaskennan huomioimisen infra-hankkeissa.

2.1 Päästölaskentaselvitykset infrahankkeissa

Tässä luvussa käydään läpi aikaisempia päästölaskentaan ja elinkaariarviointiin liittyviä julkaisuja ja hankkeita keskittyen erityisesti tuoreempiin selvityksiin.

Väyläviraston vuoden 2019 raportissa ***Väylänpidon hiilijalanjälki ja sen laskeminen*** käydään läpi jo tehtyjä sekä tarvittavia toimia väylänpidon muuttamiseksi vähäpäästöisemmäksi. Lisäksi raportissa selvitetään aikaisempia hiilijalanjälkitutkimuksia sekä pohjoismaisia hiilijalanjäljen laskentamenetelmiä. Raportti kokoaa hyvin yhteen tuohon aikaan ajankohtaisimman tiedon infrarakentamisen päästölaskennasta sekä päästöjen vähentämisestä. Raportissa todetaan, että suunnittelulla voidaan vaikuttaa käytön aikaisiin päästöihin niin käytön kuin kunnossapidon osalta. Lisäksi suunnitteluvaiheessa voidaan vähentää rakentamisen aikaisia päästöjä muun muassa suosimalla paikallisia ja vähäpäästöisiä materiaaleja, minimoimalla materiaalihukkaa, optimoimalla kuljetuksia sekä varastoimalla materiaaleja tehokkaasti (Väylävirasto, 2019).

Tausta-aineistona raportissa on käytetty muun muassa Liikenneviraston julkaisuja *Merenkulun liikenteen hiilijalanjälki* vuodelta 2012, *Panospohjaisen CO₂-laskennan pilotointi väylähankkeessa* vuodelta 2014, *CO₂-päästö- ja kustannusohjaus mallipohjaisesti – Case Pissararata* vuodelta 2015 sekä *Infrahankkeiden EN-standardeja noudattava hiilijalanjälki- ja elinkaariarviointi – Hankkeiden hiilijalanjäljen ohjaus ja optimointimahdollisuudet suunnittelu- ja rakennuttamistoiminnassa* vuodelta 2017.

Tie- ja ratainfrastruktuurin elinkaariarvioinnin opas on pohjoismaisten tie- ja liikennehallintojen yhteistyössä laatima julkaisu, jonka tarkoituksena on yhdenmukaistaa ja kehittää tie- ja ratainfrastruktuurin elinkaariarviointimenetelmiä. Työ tehtiin, koska kokemusten mukaan elinkaariarviointien tulokset saattavat vaihdella merkittävästi ja haluttiin selvittää, mistä erot johtuvat. Oppaan tavoitteena on vähentää noita eroja ja parantaa tulosten luotettavuutta. Opas keskittyy hiilidioksidipäästöihin, mutta siinä todetaan, että elinkaariarviointia olisi hyvä tehdä myös muiden ympäristövaikutusten osalta (Väylävirasto, 2020).

Päästölaskennan kehityshanke on Rapalin ja VTT:n toteuttama vuoden 2019 hanke, jossa luotiin päästökerrointietokanta kaupunki- ja väyläinfran tarpeisiin. Yhteishankkeen tilaajina olivat Väylävirasto ja kunnat. Päästötietokanta toteutettiin panospohjaisesti, eli jokaiselle panokselle määritettiin päästökerroin. Hanketta pilotoitiin kolmessa eri kohteessa, joissa testattiin tietokannan laajuutta sekä tehtiin päästölaskentaa yhdessä kustannuslaskennan kanssa. Päästötietokannan hyvänä puolena pidettiin sen käyttökelpoisuutta itse päästölaskentaan suunnittelun ja ra-

kentämisen eri vaiheissa. Hankkeessa havaittuja päästötietokannan haasteita olivat muun muassa vakiintuneiden laskentamenetelmien puuttuminen sekä työläys ylläpitää päästökertoimia (Rapal Oy, 2019).

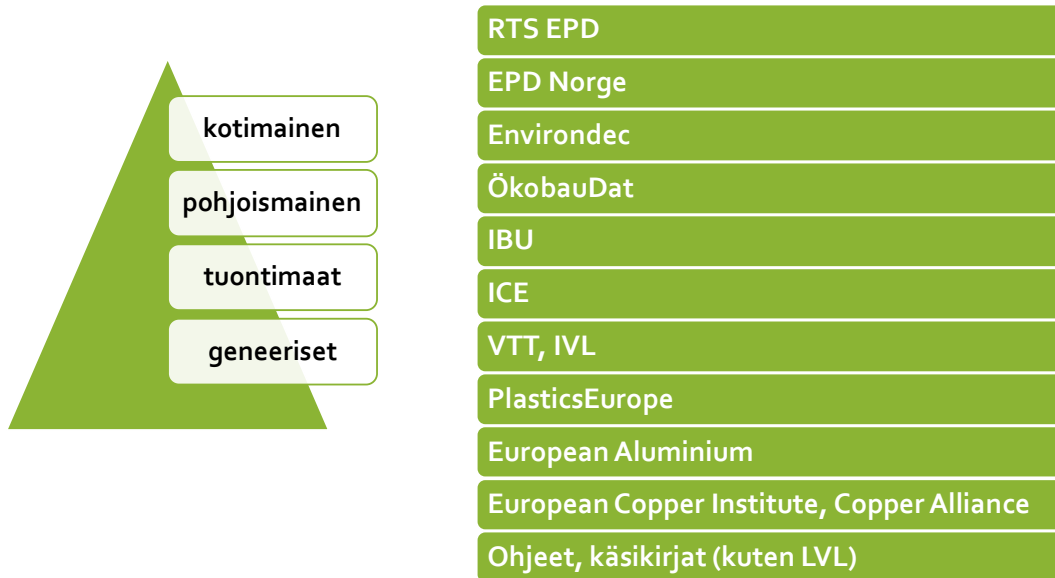
Infrarakentamisen kansallinen päästötietokantahanke Väyläviraston johtama kehityshanke, jonka tavoitteena on luoda avoin elinkaari pohjainen tietokanta väylärakentamisen ja väylänpidon kasvihuonekaasupäästöjen laskentaan. Tietokantaa voitaisiin käyttää tyypillisten infrahankkeiden päästölaskentaan ottaen huomioon olennaisimmat panostiedot. Julkaisussa esitellään hiilijalanjäljen määrittelyä ja arviointimenetelmiä keskittyen infrarakentamisen kannalta tärkeimpiin standardeihin ja muihin menetelmiin. Raportissa käydään läpi myös rakennusmateriaalien päästötietojen lähteitä ja tiedon saatavuutta sekä päästötietokannan näkökulmasta keskeisiä infrarakentamisen nimikkeistöjä ja laskentajärjestelmiä. Raporttia varten haastateltiin eri organisaatioista 36 asiantuntijaa, joilta kysyttiin näkemyksiä ja tarpeita tietokannalle. Raportissa esitellään myös näiden tietokannan potentiaalisten käyttäjien haastattelujen tulokset (Väylävirasto, 2022).

2.2 Päästötietokannat

Tietokannat ovat päästötiedon keskeisiä lähteitä infrarakentamisen alalla. Tietokannoissa julkaistaan eri tuotteiden ja materiaalien ympäristöselosteita (environmental product declarations, EPD), joissa esitetään tuotteen tai materiaalin ympäristövaikutukset. Infrarakentamisessa käytetään paljon kotimaisia materiaaleja, joten päästötiedon tarkkuuden kannalta tärkeimpiä tietolähteitä ovat kotimaisten rakennustuotteiden ja -materiaalien ympäristöselosteita sisältävät tietokannat. Kotimaisten tietokantojen lisäksi voidaan päästötietojen hakemiseen käyttää myös muita tietokantoja, joissa julkaistaan pohjoismaisen ja muun eurooppalaisen rakennusteollisuuden laatimia ympäristöselosteita. Esimerkkinä tietokannoista voidaan mainita kotimaisista RTS EPD ja ulkomaisista Environdec.

Useimmat tietokannat julkaisevat standardin EN 15804 mukaisia ympäristöselosteita. Tällä hetkellä osa saatavilla olevasta tiedosta pohjautuu standardin edelliseen versioon eikä nykyversioon (EN 15804, 2019). Nykyversio ohjeistaa ilmoittamaan fossiiliset, biogeeniset ja maankäyttöön ja maankäytön muutoksiin liittyvät päästöt erillisinä arvoina sekä summana.

TIETOLÄHTEET JA TIEDON RELEVANSSI



Kuva 1. Talonrakentamisen päästötietokannan laadinnan lähteitä (Väylävirasto, 2022).

2.2.1 CO2data

Suomessa kansallisesta päästötietokannasta vastaa Suomen ympäristökeskus. CO2data.fi-verkkopalvelusta selviää Suomessa käytössä olevien rakennustuotteiden sekä rakentamisen prosessien ja palveluiden keskimääräisiä päästötietoja. Palvelun tavoitteena on yhdenmukaistaa rakennusten koko elinkaaren aikaisten ilmastovaikutusten laskentaa sekä edistää vähähiilistä rakentamista. Palvelu on kaikille avoin ja maksuton. Kansalliset tiedot mahdollistavat mm. vertailtavuuden eri hankkeiden välillä (Suomen ympäristökeskus SYKE, 2021).

Parhaillaan on käynnissä päästötietokannan laajentaminen vastaamaan infrarakentamisen tarpeita. Työssä on hyödynnetty Ihkussa luotua rakennusosakirjastoa, jolloin päästö- ja kustannuslaskenta rakentuvat samalle perustalle.

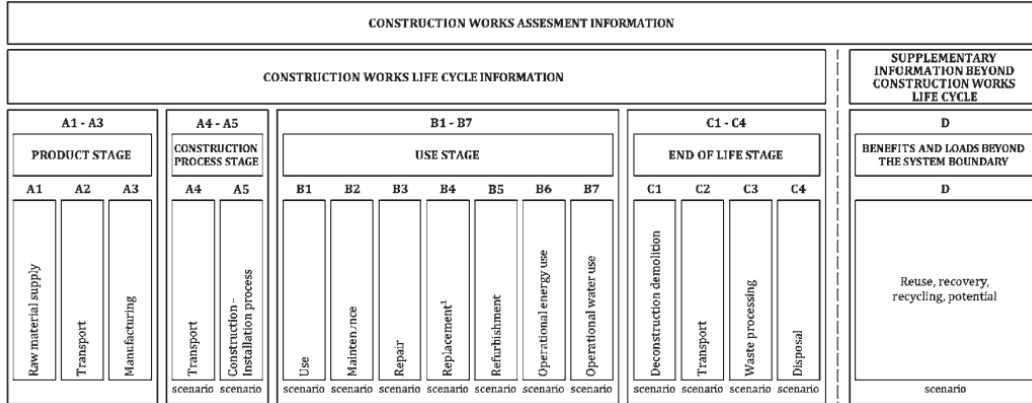
2.3 Standardit päästölaskennalle

Eurooppalainen standardi EN 17472 kattaa infrarakentamisen ympäristö-, taloudellisen ja sosiaalisen arvioinnin periaatteet. Ympäristöarvioinnin osalta standardi kattaa ilmastonäkökulman lisäksi myös muut keskeiset ympäristönäkökohdat. Standardi jakaa elinkaaren vaiheisiin ja määrittelee vaiheiden rajat (Kuva 2). Sen mukaisesti arviointi perustuu skenaarioihin, jotka edustavat tarkastelun kohteena olevan infrarakentamisen elinkaaren vaiheita.

Tuotteen hiilijalanjälki voidaan jakaa osiin ilmoittaen erikseen päästöt ja nielut ja haluttaessa vielä ilmoittaen erikseen päästöt ja nielut elinkaaren eri vaiheissa.

Eurooppalainen standardi rakennustuotteiden ympäristöselosteista (EN 15804, 2019) määrittelee ympäristöselosteiden laadintaa koskevat säännöt rakennustuot-

teille ja -palveluille. Sen tarkoituksena on mahdollistaa rakennustuotteiden, rakentamispalvelujen ja rakennusprosessien yhdenmukaiset elinkaariarvioon perustuvat ympäristöilmoitukset. Standardi koskee sekä talonrakentamisen että muun rakentamisen – kuten väylärakentamisen - tuotteita ja palveluja.



Kuva 2. Elinkaaren vaiheet (EN 15804, 2019).

PAS 2080 (PAS 2080, 2016) esittää infrasektorin kasvihuonekaasujen arvioinnin yleisen menettelytavan. Standardin merkitys on kuitenkin vähentynyt EN 17472 -standardin valmistuttua.

Talopuolen esimerkkinä voidaan käyttää rakennuksen vähähiilisyysarviointimenetelmäkoodistoa vuodelta 2019. Koodisto perustuu standardiin EN 15643-2 Sustainability of construction works – Sustainability assessment of buildings. Alla (Kuva 3) on esitetty miten EN 15643-2 on yhtenevä tuotestandardin (EN 15804) kanssa. Vaikkakin EN 15643-2 on tehty vastaamaan talonrakentamisen tarpeita, vastaa se pitkälti samaa jaottelua kuin mikä infrapuoellakin on nähtävissä

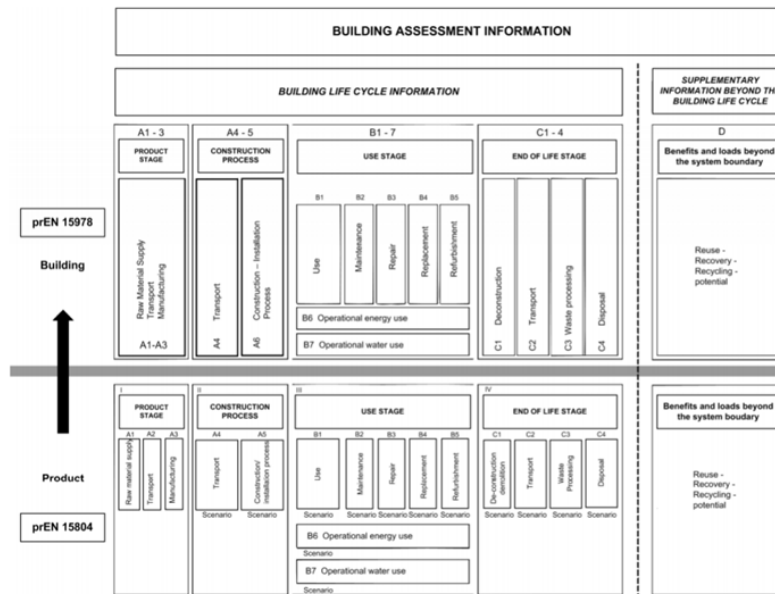


Figure 3 — The information modules applied in the assessment of environmental performance of a building from its life cycle stages.

Kuva 3. Kuvassa EN 15643-2 esitetty kaaviokuva, miten standardissa jaetaan sekä rakennuksen (building) että tuotteen (product) elinkaari eri vaiheisiin.

2.4 Laskentametodit

Yleinen tapa infrastruktuurihankkeiden päästölaskennassa on **panospohjainen laskentamenetelmä**. Menetelmä voidaan jakaa neljään päävaiheeseen: hankkeen kustannusarvion laskentaan, rakentamisen panoskäytön selvitykseen, päästökertoimien määrittämiseen ja päästölaskentaan. Aluksi suunnitelman pohjalta laaditaan hankkeelle panospohjaisesti kustannusarvio. Sen perusteella hankkeen rakennusosat voidaan purkaa erilaisiin panoksiin ja niiden käyttömääriin. Panoksille määritetään päästökertoimet, jotka kertovat yhden panosyksikön aiheuttaman hiilidioksidipäästön. Panosten kokonaismäärien perusteella päästöt lasketaan yhteen hankkeen kokonaispäästöiksi. Kokonaispäästöjen muodostumista voidaan tarkastella panostyypeittäin tai rakennusosittain (Liikennevirasto, 2014).

Panospohjaisen laskennan etuja on muun muassa mahdollisuus sisällyttää päästölaskenta suunnitteluprosessiin ja tarkastella päästömääriä yhdessä kustannustietojen kanssa. Päästölaskennan sitominen suunnitteluprosessiin antaa mahdollisuuden päivittää laskentatietoja aina suunnitelmien tarkentuessa. Päästömäärien vertailu kustannustietojen kanssa havainnollistaa suunnitteluratkaisuja ja antaa tietoa suurimmista päästölähteistä. Panospohjaisen päästölaskennan etu on myös kattavat päästökerrontiedot. Eri tietokannoista löytyy jo kattavasti päästötietoja yleisimmistä rakennusosista ja panoksista. Nämä edut yhdessä mahdollistavat, että hiilidioksidipäästönäkökulma pystytään ottamaan huomioon suunnitteluratkaisuja tehdessä.

Päästölaskentaa voidaan tehdä **standardipohjaisesti**. Eurooppalaisen standardisointijärjestön CEN:n tekninen komitea TC 350 on kehittänyt rakennushankkeiden ympäristövaikutusten tarkasteluun. Julkaistut standardit noudattavat yhden-

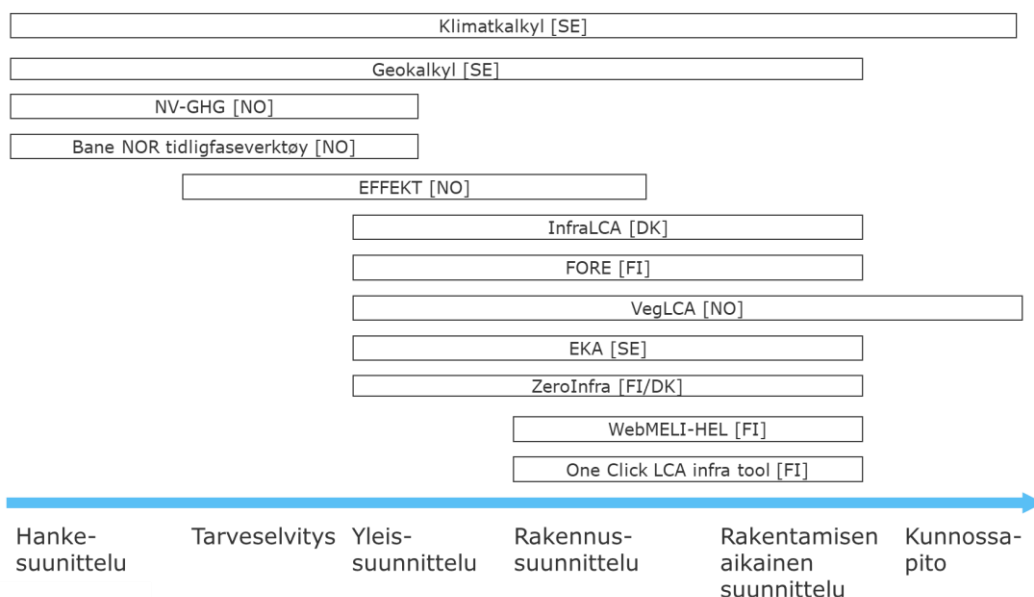
mukaista elinkaarimallia, joka jakautuu tuote-, rakennus-, käyttö- ja purkuvaiheisiin sekä elinkaaren ulkopuolisiin vaikutuksiin, esim. tuotteiden kierrätykseen. Elinkaari koostuu varsinaisen rakennushankkeen elinkaaresta sekä sen ulkopuolisesta tiedosta, joka koskee elinkaaren jälkeisen uudelleenkäytön mahdollisuuksia. Elinkaaren käyttövaihe perustuu suunnittelutietoon hankkeen tarvitsemasta korjauksesta, kunnossapidosta ja esim. sen käytönaikaisesta energian kulutuksesta (Liikennevirasto, 2017).

Infrahankkeiden EN-standardeja noudattava hiilijalanjälki- ja elinkaariarviointi – Hankkeiden hiilijalanjäljen ohjaus- ja optimointimahdollisuudet suunnittelu- ja rakennustoiminnassa -tutkimuksessa suositellaan julkisille tilaajaorganisaatioille CEN/TC 350-standardien käyttöä suunnittelussa ja ohjauksessa. Myös uusi hankintalaki edellyttää niiden hyödyntämistä ympäristövaatimusten ilmaisuun (Liikennevirasto, 2017).

2.5 Laskentasovellukset

NordLCA-selvityksessä on koottu yhteen pohjoismaissa käytössä olevia hiilijalanjäljen laskentaohjelmia (Kuva 4 ja Taulukko 1). Selvityksessä on kuvattu eri ohjelmien ominaisuudet ja käyttötapaukset. NordLCA-raportti on kirjoitushetkellä luonnos ja suunniteltu julkaistavan vuoden 2022 aikana.

Eri laskentatyökalut keskittyvät tiettyyn suunnitteluvaiheeseen ja tällä hetkellä ei ole ns. täydellistä LCA-työkalua. Suurin osa Norjan, Ruotsin ja Tanskan työkaluista on liikennevirastojen rahoittamia ja kehittämiä, kun taas Suomessa työkalut saadaan joko ostamalla lisenssi tai ne on kehitetty yritysten yksityiseen käyttöön. Kaikki työkalut kattavat ainakin elinkaarivaiheet A1:stä A3:een, ja useimmat niistä arvioivat kasvihuonekaasuja. Jotkut työkalut kuitenkin myös ohjaavat elinkaaren vaiheita B ja C, ja arvioivat esim. kustannuksia ja energiankäyttöä kasvihuonekaasujen lisäksi. Työkaluja on saatavilla jokaiseen suunnitteluvaiheeseen projektin elinkaaren aikana.



Kuva 4. Työkalujen käyttö eri suunnitteluvaiheissa projektin elinkaaren ajan.

Taulukko 1. Yhteenveto eri hiilijalanjäljen laskentatyökaluista.

Työkalu/ vaatimus	Lisenssi- maksu	BIM- liitännäisyys	Muut kuin moduulit A1–A3	Käyttö vaatii LCA-asiantun- temusta
Klimatkalkyl [SE]			x	
EKA [SE]			x	
Geokalkyl [SE]		x		Vaatii GIS- asiantuntemusta
InfraLCA [DK]			x	
One Click LCA [FI]	x	x	x	x
ZeroInfra [FI/DK]	x		x	x
FORE [FI]	x		x	
WebMELI-HEL [FI]	x		x	
EFFEKT [NO]	x		x	
VegLCA [NO]			x	
NV-GHG [NO]			x	
Bane NOR tid- ligfaseverktøy [NO]			x	

2.6 Lainsäädäntö

Rakentamisesta aiheutuvien kasvihuonekaasujen arviointi on yleistynyt käytäntö infra-alalla, vaikka niiden laskeminen ei ole lakisääteistä kaikissa hankkeissa ja suunnitteluvaiheissa. Suurissa tai muuten vaikutuksiltaan merkittävässä hankkeissa tehdään lain mukainen ympäristövaikutuksien arviointimenettely (YVA), jossa yhtenä tarkasteltavana aiheena on ilmastoon kohdistuvat vaikutukset. YVA-arvioinnissa ilmastovaikutusten arvioinnin tulee sisältää esimerkiksi kasvihuonekaasupäästöt, niiden luonne ja laajuus sekä ilmastomuutokseen sopeutumisen kannalta olennaiset vaikutukset.

Kasvihuonekaasujen arviointia voidaan kuitenkin vaatia tai niistä saavat hyötyä mm:

- EU-rahoitteiset hankkeet (mm. EU-LIFE hankkeet)
- BREEAM, LEED, CEEQUAL yms. vastaavat sertifikaatit ja luokitukset.

Rakennusten hiilijalanjäljen arviointi ja siihen liittyvä ohjeistus on toistaiseksi pidemmälle kehittyneenä kuin infrapuolessa. Tavoitteena on, että rakennuksen elinkaaren aikaista hiilijalanjälkeä ohjataan lainsäädännöllä 2020-luvun puoliväliin mennessä.

2.7 Päästölaskenta suunnitteluprosessissa

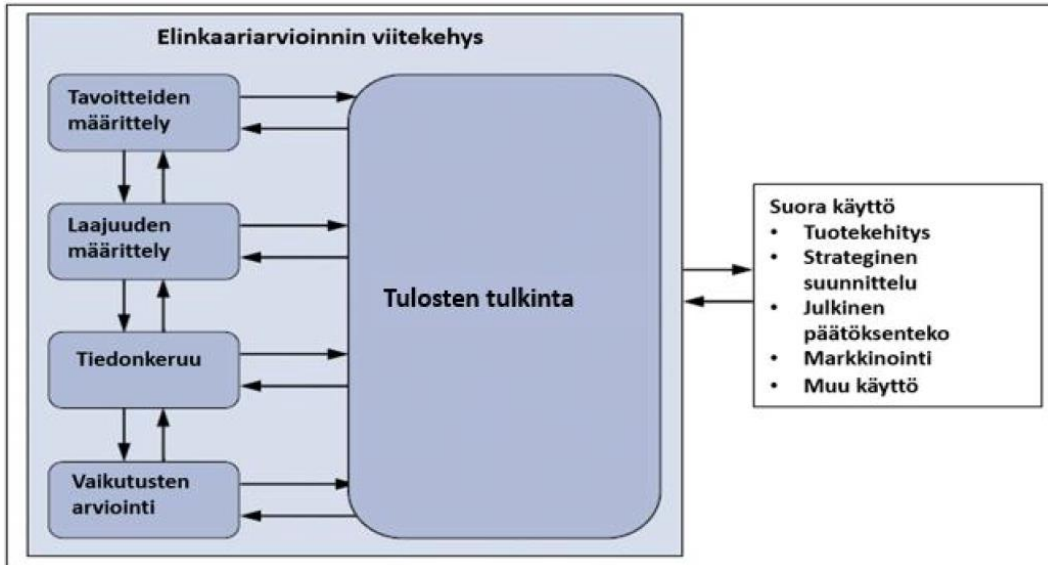
2.7.1 Suunnittelunohjaus ja hankeprosessin ohjaus

Infrahankkeiden etenemistä ohjataan suunnitteluperusteissa määritettyjen reuna-ehdojen avulla niin, että hankkeelle asetetut tavoitteet ja tekniset ratkaisut siirtyvät suunnitteluvaiheiden mukana aina esisuunnitteluvaiheesta toteutukseen. Samalla kun infrahanke etenee hankeprosessissa, tarkentuu suunnittelutaso yksityiskohtaisemmaksi ja ratkaisuvaihtoehtojen määrä vähenee. Samalla jo tehtyjen päätöskien muuttaminen enää myöhemmissä vaiheissa vaikeutuu. Tämä suunnitelmatasojen eroavaisuus asettaa ehtoja myös kestäväen kehityksen mukaisen suunnittelun tarkkuudelle. Esiselvityksissä ja yleissuunnittelussa voidaan tarkastella suurempien linjauksivaihtoehtojen vaikutuksia ilmaston kannalta. Kuitenkin vasta seuraavissa suunnitteluvaiheissa pystytään asettamaan hankkeelle selkeitä ja vertailukelpoisia päästötavoitteita, kun hankkeen sisältämistä toimenpiteistä on jo päätetty.

Jokainen infrasuunnitteluhanke on yksilöllinen. Suunnitteluhankkeessa käytetyt toimintamallit mukautetaan eri kokoiisiin ja tyyppisiin hankkeisiin kunkin vaatimalla tavalla. Suunnittelunohjauksella pyritään varmistamaan suunnitteluprosessin toteutuminen taloudellisten, laadullisten, teknisten ja ympäristöllisten tavoitteiden mukaisesti (RT 10-11284), eli siinä määritellään hankkeen onnistumisen vaatimat kriteerit ja strategia, joilla nämä päämäärät saavutetaan. Tyypillisesti infrahankkeita ohjaa hyvin voimakkaasti kustannustavoitteet. Varsinkin tehtäessä päätöksiä eri vaihtoehtoratkaisujen välillä hyöty-kustannussuhteella on ollut suuri painoarvo infrahankkeiden edistämisessä hankeprosessissa. Vaikka H/K-suhteen laskentaan sisältyy ympäristöhaittojen arviointi, otetaan siinä huomioon vain niitä ympäristöön vaikuttavia tekijöitä, jotka voidaan mitata rahallisesti. Eri hankkeiden kannattavuuslaskelmissa otetaan myös hieman eri asioita huomioon, joten ne eivät ole täysin vertailukelpoisia tunnuslukuja.

2.7.2 Infrahankkeiden elinkaariarviointi

Väyläviraston oppaassa Tie- ja rataanfrastruktuurin elinkaariarvioinnin opas (2020) määritellään elinkaariarvioinnille neljä vaihetta (Kuva 5). Termillä elinkaari tarkoitetaan tuotteen, kuten infrarakenteen, kaikkia vaiheita raaka-aineiden otosta, rakentamisen ja käytön kautta aina kierrätykseen ja loppusijoitukseen. Elinkaariarvioinnissa huomioidaan kaikki elinkaaren aikaiset panokset ja tuotot sekä niihin liittyvät ympäristövaikutukset, tyypillisesti hiilidioksidiekvivalenttipäästöinä. Tällöin voidaan tunnistaa ympäristövaikutusten kannalta tärkeimmät elinkaaren vaiheet ja prosessit, eikä ympäristöongelmien taakkaa voida siirtää optimoiden tarkastelurajauksen ulkopuolelle (Väylävirasto, 2020).



Kuva 5. Elinkaariarvioinnin vaiheet (Väylävirasto, 2020).

Ongelmalliseksi elinkaariarviointeja vertailtaessa on havaittu tulosten vaihtelevuus jopa samanlaisten rakennushankkeiden ja -materiaalien kesken. Käytettävien menetelmien valinta, laajuuden määrittely ja laskentatyökalujen epäyhtenäiset sisällöt käytettävissä tiedoissa ja niiden laadussa aikaansaavat merkittävimpiä eroja saatuihin laskentatuloksiin (Väylävirasto, 2020).

2.7.3 Päästölaskennan ohjaava vaikutus

Eri suunnitteluvaiheiden eroavaisuus suunnittelun tarkkuustasossa ilmenee myös päästölaskennassa. Kustannustehokkainta on pyrkiä vaikuttamaan rakentamisen ja rakenteen päästöihin jo varhaisessa suunnitteluvaiheessa, kun tehdään päätöksiä hanketta ohjaavista suuntaviivoista. Toisaalta esisuunnittelussa on tärkeää jättää joustovaraa myöhempien suunnitteluvaiheiden ilmastoviisaille innovaatioille, mitä edesauttavat myös käytetyt hankemallit (esim. allianssit tai ST-urakka) sekä hankkeiden kilpailutusstandardit.

Kun infrahankkeiden toiminnallisten ja teknisten tavoitteiden rinnalle otetaan vähäpäästöiset tai hiilineutraalit tavoitteet, voi päästölaskennalla tavoittaa kahdentyyppistä ohjaavaa vaikutusta. Ensinnäkin suunnitelmavaihtoehtojen varhaisessa valinnassa voidaan painottaa vähäpäästöisintä ratkaisua. Tätä voi verrata kustannuksiltaan edullisimman ratkaisuvaihtoehdon valintaan. Tällöin vaihtoehdot suunnitellaan perinteisten suunnittelukriteerien mukaisesti huomioiden vaikutukset maankäyttöön, liikenteeseen, turvallisuuteen ja ympäristöön. Lopuksi vaihtoehdoista lasketaan niiden rakentamisesta aiheutuvat päästöarviot yhdessä alustavien kustannusarvioiden kanssa. Jatkosuunnitteluun valittavan ratkaisun valinnassa voidaan korostaa vaikutuksiltaan vähäpäästöisintä vaihtoehtoa.

Toisaalta ohjaava vaikutus voidaan saada asettamalla suunnittelulle päästötavoite alustavien päästöarvioiden jälkeen niin, että jatkosuunnittelussa pyritään hankkeessa syntyvien päästöjen osalta kunnianhimoisempaan lopputulokseen. Tällöin päästökatto kannustaa tekemään suunnittelussa ilmastoviisaita ratkaisuja koko hankkeen suunnitteluprosessin ajan. Hankkeille asetettujen päästötavoitteiden tulisi olla selkeitä, tarkoituksenmukaisia ja saavutettavissa olevia, sillä infra-alan kehittyminen päästöttömäksi vaatii siirtymäaikaa.

Yksi mahdollinen lähestymistapa hiilidioksidipäästöjen laskentaprosessin integroimisessa suunnitteluprosessiin, olisi sen rinnastaminen väylähankkeiden kustannushallintaan. Kuten Väyläviraston *Väylähankkeiden kustannushallinta* -ohjeessa (Väylähankkeiden kustannushallinta, 2021b) määritellään yhdenmukaiset käytännöt hankkeiden suunnittelun aikaiselle kustannushallinnalle ja terminologialle, olisi päästölaskennan ja -hallinnan osalta tavoitteellista pyrkiä vastaavaan systemaattiseen toimintatapaan. Vastaavanlaisen prosessikuvauksen myötä, olisi hiilidioksidipäästöjen hallinta suunnitteluprosessissa jatkuvaa, hallittua ja päämäärätietoista.

Elinkaariarvioinnin tuominen osaksi suunnitteluhankkeiden projektisuunnitelmia voisi mahdollistaa ympäristötavoitteiden asettamisen ja seurannan asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi. Tällöin ympäristötavoitteet olisi huomioitu jo suunnitteluperusteissa. Tämä integroiminen tulisi ottaa huomioon myös hankkeen resursseissa ja sisällyttää hankkeeseen mukaan elinkaariarvioinnin asiantuntija, joka voi auttaa tulkitsemaan tuloksia, arvioimaan vaikutusluokkia ja antamaan suosituksia vaihtoehtojen valintaan (Väylävirasto, 2020).

Ilmastolain uudistus ja korkeat kansalliset päästövähennystavoitteet tarkoittavat, että kehitys kestävämpään suuntaan on välttämätöntä. Esimerkiksi liikenteen ja työmaakoneiden luopuminen fossiilista polttoaineista, muuttaisi infrahankkeiden päästövaikutuksia merkittävästi. Nopea muutosvauhti toisaalta mahdollistaa uusien innovaatioiden syntymisen, mutta samalla asettaa perinteisesti hitaan ja jäykän suunnitteluprosessin murrostilaan. Jotta prosessin muutos olisi mahdollista, korostuu samalla joustavien ja monipuolisten suunnittelutyökalujen tärkeys.

3 Päästölaskennan pilottihankkeet

Tässä luvussa tarkastellaan kolmen eri pilottihankkeen osalta, millaisin menetelmin infrahankkeissa on kokeiltu päästölaskentaa, millaisia havaintoja näistä on tehty ja miten päästölaskentaa tulisi kehittää suunnitteluprosessi huomioiden. Pilottiprojektit toivat esiin toiminnallisuuksia, joita päästölaskentasovelluksessa pitäisi olla. Vt 5 Hurus–Hietanen rakentamisvaiheen aikainen päästölaskenta on vielä osittain kesken tämän selvityksen laadintahetkellä; ratakankkeiden (mm. LUIMA-kaksoisratahanke) pilotoinneissa tehdyt CO₂-laskennat valmistuivat vuonna 2021. Kehittämishankkeen Kehä I:n Kivikon eritasoliittymän kohdalla yhteydessä laadittu CO₂-laskenta ja selvitys on vuodelta 2014.

3.1 Vt 5 Hurus-Hietanen CO₂-laskentapilotti (Ihku-laskentasovellus ja infra-päästötietokanta)

Väyläviraston hankkeessa Vt 5 välillä Hurus–Hietanen pilotoidaan päästölaskennan tekemistä Ihku-laskentasovelluksen ja Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) kehittämän infra-päästötietokannan avulla.

Pilottihankkeen päästölaskennassa tarvittavia rakennusosa- ja panosmääriä varten Ihku-laskentasovelluksella on laadittu rakennussuunnitelmavaiheen kustannusarvio, jonka Excel-pohjaista määräluetteloa (Kuva 6) on käytetty päästölaskennan pohjana (A-insinöörit, 2022).

Vt5 Hurus - Hietanen määräluettelo							
Hanke	Vt 5 Hurus-Hietanen	Oletuskuljetusmatkat	Tulostettu Ihku-laskentapalvelusta				
Hankekuvaus	Hankkeeseen sisältyy keskikalteen rakentaminen valtatielle 5 vi Väylävirasto (km)	1	31.5.2022				
Hanketunnus / kustannuspaikka	PR00047427	Läijitys (km)	1				
Suunnitteluvaihe	Rakennussuunnitelma	Loppusijoitus sis. vastaanottomaksun (km)	10				
Hanketyyppi	Tie	Sisäiset (km)	1				
Toteutusympäristö	Harvaan rakennettu ympäristö	Tuotavat (km)	50				
Tilajaorganisaatio	Väylävirasto						
Tilajaorganisaation vastuhenkilö	Marja Wuori						
Palveluntuottajaorganisaatio	A-Insinöörit Civil Oy						
Palveluntuottajan vastuhenkilö	Jukka Levä						
Koodi	Rakennusosa	Panosvalinta	Tarkenne	Määrä	Yksikkö	Päästötietokannan ID (työt)	
VT 5 Hurus							
Päätie VT5							
1131	Rummun poisto, sis. purku, vastaanotto ja kuopan täyttö, betonirumpuputki			54	mtr	7100000854	
1134	Tiekaiteen poisto, teräksinen tiekaide, iso määrä			1643	mtr	7100000831	
1134	Verkkoaidan poisto, mtr			5122	mtr	7100000831	
1135	Portaalin purku, yksikköhinnalla			1	kpl		
1135	Opastusmerkin poisto sis. opastustaulu, pylväs ja jalusta			58	kpl		
1135	Likennemerkin poisto sis. vakiomerkki, pylväs ja jalusta			64	kpl		

Kuva 6. Ihku-laskentapalvelun määräluettelo, johon täydennetty päästölaskennan edellyttämiä asioita. Kuvakaappaus Vt 5 -päästölaskentapilotin Excel-laskelmasta (A-insinöörit, 2022).

Päästölaskentaa varten Excel-pohjaan laskettiin Ihku-laskentasovelluksella laadittu kustannusarvion rakennusien panosmäärät rakennusosittain (mm. konetunnit, kuljetukset ja materiaalimäärät). Panosmäärien laskenta tehtiin manuaalisesti, koska Ihku-laskentasovelluksesta ei toistaiseksi (elokuu 2022) saa hanke- tai rakennusosakohtaisia panosmääriä helpommin ulos.

Varsinaista päästölaskentaa varten Excel-pohjaan tuotiin kehitteillä olevan infra-päästötietokannan mukaiset päästökertoimet (Kuva 7).

id	versio	ryhmä	alaryhmä	Panos	Yksikkö	CO ₂ e, kg/yksikkö	CO ₂ e, kg/kg	Hukkakerroin työmaalla	Kierrätysmateriaalien osuus
7100000059	0.1.0	betoni	putki	betoniputki 2000 mm, Dr, l = 2000 mm, viistetty	m	540	0,18	1,05	1,5 - 4%
7100000060	0.1.0	betoni	putki	betoniputki 225 mm, B, l = 1500–1750 mm, pyöreä	m	15,4	0,142	1,05	1,5 - 4%
7100000061	0.1.0	betoni	putki	betoniputki 300 mm, B, l = 2250 mm, pyöreä	m	26,7	0,143	1,05	1,5 - 4%
7100000062	0.1.0	betoni	putki	betoniputki 300 mm, Dr, l = 2250 mm, pyöreä	m	27,8	0,149	1,05	1,5 - 4%
7100000063	0.1.0	betoni	putki	betoniputki 400 mm, B, l = 2250 mm, pyöreä	m	34,0	0,143	1,05	1,5 - 4%
7100000064	0.1.0	betoni	putki	betoniputki 400 mm, Dr, l = 2250 mm, pyöreä	m	35,7	0,15	1,05	1,5 - 4%
7100000065	0.1.0	betoni	putki	betoniputki 500 mm, B, l = 2250 mm, pyöreä	m	49,3	0,143	1,05	1,5 - 4%
7100000066	0.1.0	betoni	putki	betoniputki 500 mm, Br, l = 2000–2250 mm, jalallinen	m	67,1	0,151	1,05	1,5 - 4%
7100000067	0.1.0	betoni	putki	betoniputki 500 mm, Dr, l = 2250 mm, pyöreä	m	52,4	0,152	1,05	1,5 - 4%
7100000068	0.1.0	betoni	putki	betoniputki 500 mm, Dr, l = 2000–2250 mm, jalallinen	m	67,6	0,152	1,05	1,5 - 4%
7100000069	0.1.0	betoni	putki	betoniputki 500 mm, Dr, l = 2250 mm, viistetty	m	47,3	0,152	1,05	1,5 - 4%
7100000070	0.1.0	betoni	putki	betoniputki 600 mm, B, l = 2250 mm, pyöreä	m	67,7	0,145	1,05	1,5 - 4%
7100000071	0.1.0	betoni	putki	betoniputki 600 mm, Br, l = 2000–2250 mm, jalallinen	m	91,8	0,153	1,05	1,5 - 4%
7100000072	0.1.0	betoni	putki	betoniputki 600 mm, Dr, l = 2250 mm, pyöreä	m	68,4	0,154	1,05	1,5 - 4%
7100000073	0.1.0	betoni	putki	betoniputki 600 mm, Dr, l = 2000–2250 mm, jalallinen	m	92,4	0,154	1,05	1,5 - 4%
7100000074	0.1.0	betoni	putki	betoniputki 600 mm, Dr, l = 2250 mm, viistetty	m	61,6	0,154	1,05	1,5 - 4%
7100000075	0.1.0	betoni	putki	betoniputki 800 mm, Br, l = 2000–2250 mm, pyöreä	m	137,4	0,157	1,05	1,5 - 4%
7100000076	0.1.0	betoni	putki	betoniputki 800 mm, Br, l = 2000 mm, jalallinen	m	141,3	0,157	1,05	1,5 - 4%

Kuva 7. Infra-päästötietokannan mukaisia päästökertoimia. Kuvakaappaus Vt 5 -päästölaskentapilotin Excel-laskelmasta (A-insinöörit, 2022).

Tämän jälkeen varsinainen päästölaskenta tehtiin kertomalla määräluettelon rakennusosille lasketut panosmäärät kutakin panosta parhaiten vastaavilla infra-päästötietokannan mukaisilla päästökertoimilla. Kuljetusten päästöt laskettiin kilometriperusteisesti.

Pilottiprojekti toi esiin asioita, joita päästölaskentasovelluksen pitäisi tehdä käyttäjän puolesta. Näitä asioita ovat muun muassa hankkeiden panosmäärien laskenta ja ennalta kohdistetut panoskohtaiset päästökertoimet, jotta laskija ei joudu kohdistamaan päästökertoimia itse. Pilottiprojekti toi esiin myös joitakin kehitystarpeita kehitteillä olevaan infra-päästötietokantaan liittyen.

Toistaiseksi Ihku-laskentasovellusta ja päästötietokantaa on siis pilotoitu vasta tiehankkeissa, joten pilotointia on syytä jatkaa erityyppisillä hankkeilla. Pilottien avulla voidaan varmistaa Ihku-laskentasovelluksen panosten ja päästötietokannan päästökertoimien yhteensopivuus erityyppisissä hankkeissa. Väylävirastolla on käynnistymässä toinen pilottihanke, jossa pilotoidaan vastaavalla tavalla ratahankkeen päästölaskentaa. Päästölaskennan pilottiprojekteja on tarkoitus jatkaa syksyllä 2022. Väylä tekee yhteistyötä myös Helsingin kaupungin kanssa, jonka on tarkoitus myös pilotoida päästölaskentaa omissa hankkeissaan.

3.2 CASE-tarkastelut ratahankkeiden elinkaaren CO₂-päästövaikutuksista

Väyläviraston teettämän hankkeen tavoitteena oli selvittää pilottilaskelmien avulla, miten ratahankkeiden elinkaarenaikaista hiilijalanjälkilaskentaa voidaan kehittää ja miten ratahankkeiden hiilijalanjälkeen voidaan vaikuttaa.

Laskennan lähtötiedot koottiin suunnittelijoiden määräluetteloista, projektin aikana järjestetyistä työpajoista, asiantuntijahaastatteluista sekä Väyläviraston hankesivuilta.

Päästölaskelmat tehtiin kolmelle erityyppiselle ja -kokoiselle ratahankkeelle:

- LUIMA-kaksoisratahanke (uuden radan rakentaminen ja olemassa olevan peruserparannus, 21 km)
- Maksniemen liikennepaikka (junien ohituspaikan rakentaminen, 2 km)
- Äänekosken ratahanke (rataosuuden peruserparannus, 47 km).

LUIMA-hankkeen laskelmissa huomioitiin mm. massojen kuljetukset ja suurimmat tuotenimikkeet: ratapölkkyt, vaihteet, kiskot, betonit, teräkset, raidesepeli, asfaltit, ym. sekä rakentamisen aikana tarvittavat väliaikaiset materiaalit (ponttiseinät, muotit ja telineet). Laskelmissa ei huomioitu pieniä yksittäisiä tuotenimikkeitä, kuten kulunohjausjärjestelmiä tai liikennemerkkejä. Rakentamisen aikaiset päästöt arvioitiin toteutuneiden määrien mukaan. Rakentamisen päästöihin sisältyy työkonoiden aiheuttamat päästöt ja työmaan energian kulutus. Suurin osa rakentamisen päästöistä syntyy työkonoiden (diesel) käyttötunneista (urakoitsijan arvio noin 1 300 kone-h/kk). Sähköenergian (noin 2 000 kWh/kk) osuus päästöistä oli pieni.

Laskelmat tehtiin elinkaaripäästöjen laskentaan tehdyllä OneClickLCA-ohjelmistolla sekä päästölaskennan kehityshankkeen (Rapal Oy, 2019) päästökerrontiedoilla. Näiden päästökertoimissa oli suuria eroja ja siten hankkeiden päästömääristä tuli erilaisia tuloksia (51 300 tCO₂e ja 32 500 tCO₂e).

Hankkeen loppuraportin (Väylävirasto, 2021a) mukaan elinkaarenaikaista hiilijälkilaskentaa tulisi kehittää niin, että päästölaskenta suoritettaisiin mahdollisimman alkuvaiheessa hankesuunnittelua, jotta elinkaaren CO₂-päästölaskenta ohjaa suunnittelua. Laskentaa voidaan tarkentaa esimerkiksi materiaalivalintojen ja kuljetusmatkojen osalta suunnittelun ja rakentamisen edetessä. Lisäksi lähtötietojen laatu ja kattavuus vaikuttaa merkittävästi päästölaskennan tuloksiin, sillä esimerkiksi eri ohjelmistojen päästökertoimissa on isoja eroja. Yhdenmukaiset päästökertoimet mahdollistaisivat eri ohjelmistoilla laadittujen päästölaskelmien vertailukelpoisuuden. Laskentaan aiheutuu myös epävarmuutta, jos lähtötietojen panosten yksiköitä joudutaan muuntamaan päästölaskentaa varten, esimerkiksi teräsponttiseinä yksikössä m², kun päästölaskentaa varten tarvitaan panosmäärä tonneissa tai kuu-
tioissa (Väylävirasto, 2021a).

Hankkeen loppuraportin mukaan ratahankkeiden elinkaarenaikaiseen hiilijalanjälkeen voidaan vaikuttaa tekemällä vaihtoehtoisia vertailulaskelmia riittävän ajoissa, jotta voidaan tunnistaa mahdollisuuksia tehdä päästövähennyksiä valitsemalla vähäpäästöisiä materiaaleja tai esimerkiksi nostamalla teräksen kierrätysastetta tai lyhentämällä kuljetusmatkoja (Väylävirasto, 2021a).

3.3 Kehä I liittymän parantaminen Kivikontien eritasoliittymän kohdalla

Kehä I:n liittymän parantaminen Kivikontien eritasoliittymän kohdalla oli Liikenneviraston ja Helsingin kaupungin kehittämishanke, jossa toteutettiin pilotointina Fore-järjestelmään pohjautuva CO₂-laskelma hankkeen investoinneista. Rakennusosalaskelman pohjana olivat olleet pääosin Infra2006 nimikkeistön mukaiset määräluettelot, ja suurin osa niistä oli ollut Fore-järjestelmän nimikkeitä, jotka sisälsivät mallinnetun tuotanto- ja panosrakenteen. Muokatuille ja itse määritellyille rakennusosille, joilla ei ollut valmista panosrakennetta, oli valittu Fore-järjestelmästä

korvaavat rakennusosat. Tämän jälkeen rakennusosat oli jaoteltu panoksiksi materiaalien, kuljetusajoneuvojen ja työkoneiden mukaan. Päästökertoimet olivat pohjautuneet Rapal Oy:n tietokantaan sekä VTT:n Lipasto-järjestelmään (Liikennevirasto, 2014).

Selvityksen mukaan suurin osa hankkeen päästöistä oli syntynyt päämateriaaleista (betoni, teräs, asfaltti; 61 %), kuorma-autokuljetuksista (22 %) sekä työkoneista (12 %). Päästölaskentaprojektin aikana korostui suunnitteluvaiheen merkitys, eli mitä varhaisemmassa vaiheessa hiilidioksidipäästöjen vähentäminen otetaan hankesuunnitelmassa tavoitteeksi, sitä suurempi on sen vaikuttavuus. Mikäli tilaaja on tehnyt päätöksen käytettävistä menetelmistä jo hankkeen valmisteluvaiheessa, voidaan hiilidioksidin päästölaskentaa hyödyntää päätöksenteossa ja hankkeen muissa vaiheissa ohjauskeinona (Liikennevirasto, 2014).

Liikenneviraston selvityksessä *Panos pohjaisen CO₂-laskennan pilotointi väylähankkeessa* nostetaan esiin vaikeus löytää yhteisymmärrys päästölaskelmissa käytettävistä menetelmistä ja yksikköpäästöistä. Ongelma piilee niiden laskennallisessa luonteessa ja konkreettisen todentamisen vaikeudessa. Selvityksessä suositellaan tilaajaa määrittämään ja päättämään suunnittelun ja toteutuksen ympäristönäkökulman reunaehdot ja perusteet. Aito kysyntä ja palveluntarjoajien tarjonnan ohjaus syntyvät konkreettisista päätöksistä (Liikennevirasto, 2014).

Edellä mainitussa selvityksessä esitettiin myös tunnusluku CO₂kg/investoitu €, joka yhdistäisi hankkeen ympäristö- ja talousnäkökulman ja joka ohjaisi hiilijalanjäljen ohjausta, jos se laskettaisiin hankkeen eri suunnitteluvaiheissa. Päästöarvojen sitominen hankkeen kustannusarvioon voi kuitenkin olla ongelmallista vertailtavuuden kannalta, kun hankkeiden alustaviin kustannusarvioihin liittyy tyypillisesti merkittäviä riskejä. Lisäksi kustannusarvioissa käytettävät indeksitasot tulisi ottaa huomioon tunnuslukua esitettäessä. Herkästi hankkeen sisäisten muutosten myötä elävä tunnusluku voi myös antaa harhaanjohtavia mielikuvia, jos sen luonnetta muuttavana indikaattorina ei ymmärretä.

4 Tulevaisuuden tarpeet päästölaskennalle – työpajan tulokset

Tämän selvitystyön yhteydessä järjestettiin työpaja, johon osallistui hankkeen työryhmän lisäksi asiantuntijoita Väylävirastosta, Suomen ympäristökeskuksesta, Green Building Council Finlandista sekä Helsingin, Vantaan, Turun ja Tampereen kaupungeista. Työpajassa selvitettiin, millaisia tavoitteita päästölaskennalle on asetettu ja mihin sitä halutaan tulevaisuudessa käyttää infrahankkeissa. Lisäksi työpajatyöskentelyssä pureuduttiin hieman konkreettisemmin, mihin päästölaskentaa tarvitaan eri hankevaiheissa ja millaisia vähimmäisvaatimuksia päästölaskennalle tulee asettaa. Lopuksi työpajassa visioitiin, millainen prosessi tukisi päästölaskentaa infrahankkeissa tulevaisuudessa.

4.1 Tavoitteet päästölaskennalle

Työpajaan osallistuneiden tavoitteet päästölaskennasta vaihtelivat aina ylätason tavoitteista konkreettisiin tarpeisiin. Eri organisaatioilla oli vaihtelevia ylätason tavoitteita, joiden ajureina toimivat Suomen ilmastotavoitteet. Yleisesti pitkän aikavälin tavoitteena on yhdistää hankkeiden kautta toteutettava päästölaskenta osaksi ilmastotavoitteiden seurantaa. Organisaatioiden päästövähennystavoitteet on asetettu pääosin toteutuvan vuoteen 2030 mennessä. Voidaan kuitenkin todeta, että tavoitteena on päästöjen väheneminen jo nyt, kun toimenpiteillä on suurin vaikutus fossiilisen energian suuren käytön vuoksi. Lisäksi päästöjen vähentäminen olisi tarpeen huomioida jo tämän päivän uusissa infrahankkeissa. Tyypillisesti hitaasti etenevän hankeprosessin vuoksi, nyt alkavat suunnitteluhankkeet päätyvät rakentamisvaiheeseen samassa aikaikkunassa ilmastotavoitevuosien kanssa. Päästölaskennan tavoitteena olisi ohjata päätöksentekoa yhtenä tekijänä sekä hanke-, vuosi- että elinkaarisella.

Konkreettisempia tavoitteita olivat mm. tietoisuuden lisääntyminen päästölaskennasta infra-alalla, vertailutiedon saaminen suunnittelun tueksi, vaikutusten arviointi, yhdenmukaiset menetelmät päästölaskentaan, toiminnan ohjaus hiilineutraaliin suuntaan, ajantasaiset lähtötilannetiedot, hankkeiden hallinta ja priorisointi sekä vuorovaikutuksen ja yhteistyön lisääntyminen eri toimijoiden välillä.

4.2 Päästölaskennan tarpeet eri hankevaiheissa

Työpajassa selvitettiin eri organisaatiotahojen päästölaskennan tarpeita eri hankevaiheissa kaavoituksesta kunnossapitoon asti. Seuraavassa on esitetty työpajaan osallistuneiden asiantuntijoiden näkemyksiä, mihin päästölaskentaa on tarve hyödyntää infrahankkeiden eri suunnitteluvaiheissa sekä toteutuksen ja kunnossapidon aikana.

Kaavoitusvaiheessa päästölaskennan pitäisi tuottaa yleistason tietoa päätöksentekoa varten. Päätöksentekoon vaikuttavaan yleistason tietoon sisältyy muun muassa merkittävimpien päästölähteiden tunnistaminen, karkeat päästölaskennat sekä eri hankkeiden ja hankevaihtoehtojen välinen vertailu. Näiden tietojen avulla

voitaisiin kohteen lopullista sijaintia jo kaavoitusvaiheessa tarkentaa ilmastovaikutusten kannalta edullisemmaksi. Lisäksi kaavatalouden tulisi sisältää käsitteenä rahan, resurssit sekä vaikutukset, joihin lukeutuu hiilijalanjälki.

Esisuunnitelma- ja hankesuunnitteluvaiheessa päästölaskennan tulisi täyttää samat tarpeet kuin kaavoitusvaiheessakin. Erityisesti päästötietojen vertailtavuus niin hankkeiden välillä kuin myös hankkeen sisällä nousi esille jokaisessa hankevaiheessa. Lisäksi tässä vaiheessa hankkeen ilmastovaikutusten arviointiin tarvitaan koordinoitua ja johtamista. Päätöksentekoon liittyy vahvasti myös viestinnällinen puoli, kun hankkeisiin liittyvistä päästöistä keskustellaan päättäjien kanssa. On siis tärkeää, että keskusteluun päästöarvioista ja niissä käytettävistä suureista löydettäisiin alalle yhdenmukainen ja vakiintunut tapa.

Yleissuunnitelmavaiheessa päästölaskennalta tarvitaan jo tarkempaa tietoa merkittävimpien rakenteiden, kuten siltojen, tunneleiden ja perustusten osalta. Näiden tietojen avulla voidaan vielä vaikuttaa esimerkiksi infrahankkeen massatallouteen sekä lopullisiin ratkaisuihin ja väylälinjauksiin. Tarkemmat tiedot sekä arvio päästölaskennan tarkkuudesta mahdollistaisivat vähäpäästöisimpien suunnitteluratkaisujen tarkastelun kustannuslaskelmien rinnalla.

Tie- ja ratasuunnitelmavaiheessa sekä **katu- ja puistosuunnitelmavaiheessa** päästölaskennan avulla tehtyjen päätösten kustannusvaikutukset tulisi arvioida. Tässä vaiheessa tulisi myös seurata, ovatko hankkeen arvioidut päästöt linjassa hankkeelle asetettujen tavoitteiden kanssa. Tässä hankevaiheessa olisi jo mahdollista raportoida koko hankkeen ilmastovaikutukset, joihin tulevaisuuden päätöksiä voitaisiin verrata. Lisäksi tässä vaiheessa päästölaskennan pitäisi antaa tarkempaa tietoa eri materiaalivalintojen vaikutuksista hankkeen päästöihin.

Rakentamissuunnitelmavaiheessa päästölaskennan tulisi viimeistään olla osana hankkeen kilpailutusta tietyllä painotuksella. Päästölaskennan tulisi tarjota yksityiskohtaista tietoa eri materiaalien päästövaikutuksista, ja päästölaskennat tulisi tilastoida tulevaa hyödyntämistä ja vertailua varten.

Rakentamisen ja kunnossapidon aikana päästölaskentaa tarvitaan työmaatoimintojen päästöjen seurantaan. Työmaiden päästöjen vähentämiseksi on sitouduttu erilaisiin sopimuksiin, kuten Green Deal, joissa päästölaskentaa voitaisiin hyödyntää. Rakentamisen ja kunnossapidon aikaisessa päästölaskennassa voitaisiin myös verrata toteutuneita päästöjä aiempien suunnitteluvaiheiden päästölaskelmiin.

Kaikissa hankevaiheissa päästölaskennalta tarvitaan vaihtoehtovertailua hankkeiden välillä sekä hankkeen sisäisesti. Yleisesti päästölaskentaa tarvitaan ennen kaikkea päätöksenteon tueksi ja suunnittelun ohjaamiseksi. Mitä pidemmälle suunnittelu etenee, sitä tarkempaa tietoa päästölaskennan tulisi tuottaa. Tarkimman mahdollisimman tiedon takaamiseksi tulisi laskennan lähtötiedot materiaaleista ja panoksista olla ajantasaisia. Tarkentuvat päästötiedot mahdollistavat toteutuneiden päästöjen seurannan ja vertailun hankkeen omiin tavoitteisiin nähden. Lisäksi ajantasainen ja tarkentuva tieto mahdollistaa sujuvamman viestinnän hankkeessa tehdyistä vähäpäästöisistä suunnitteluratkaisusta.

4.3 Vähimmäisvaatimukset päästölaskennalle

Työpajassa pohdittiin vähimmäisvaatimuksia päästölaskennalle niin päästöjen isompien tavoitekokonaisuuksien kuin yksittäisten hankevaiheiden kautta.

Päästölaskennan pohjana käytetyn tiedon pitäisi olla avointa, vertailtua, vertailukelpoista ja luotettavaa. Lisäksi päästölaskennan pitäisi perustua yhteiseen nimikkeistöön. Päästölaskentaa pitäisi pystyä tekemään mahdollisimman vähillä lähtötiedoilla, ja se pitäisi voida integroida osaksi kustannus- ja määrälaskentaa. Laskennassa pitäisi esittää siinä käytetty tarkkuustaso, esim. +/- 20 %. Päästölaskennan pitäisi tuoda lisätietoa vaihtoehtovertailuihin ja sen pitää olla hankintalain mukainen.

Käytössä pitäisi lisäksi olla infra-alalla yhteisesti sovitut avoimet menetelmät, laskentalogiikka, lähtötiedot ja laskennan rajaukset.

4.4 Visio päästölaskennan prosessista

Päästölaskennan prosessin pidemmän aikavälin visiona on, että se olisi integroitu osaksi suunnittelua, rakentamista ja infraomaisuuden hallintaa. Päästölaskennan tulisi myös huomioida kunnossapidon tarpeita, jolloin se mahdollistaisi laskennan tarkentamisen ja käytön infrarakenteen koko elinkaaren ajan. Työpajan asiantuntijoiden näkemyksessä päästölaskennan prosessin tulisi tuottaa tietoa tavoitteiden tueksi ja tarjota tietoa viestintään osapuolien välillä. Tiedon tulisi olla selkeää ja päästömääriä voitaisiin havainnollistaa sopivien tunnuslukujen avulla (esim. CO₂ kg per km). Prosessin tulee olla kaikille tasapuolinen, läpinäkyvä ja selkeästi perusteltavissa.

Myös pidemmän aikavälin visiona oli, että päästölaskenta tehtäisiin määrä- ja kustannuslaskennan yhteydessä ja mahdollisuuksien mukaan tietomallipohjaisesti. Tietojen yhdistämisellä voitaisiin saavuttaa parempaa suunnittelun ohjausta, tavoitteiden asettamista ja seurantaa. Päästölaskennan tulisi tapahtua yhteneväisillä panostiedoilla, mikä mahdollistaisi osaltaan laskennan tarkentamisen elinkaaren eri vaiheissa.

4.5 Yhteenveto työpajasta

Päästötietoa tarvitaan suunnittelunohjauksen, vaihtoehtovertailun ja hankeprosessin päätöksenteon tueksi. Työpajaan osallistuneiden asiantuntijoiden mukaan päästötiedonhallinta pitäisi integroida osaksi suunnittelua, rakentamista ja infraomaisuuden hallintaa. Päästötiedon tarve korostuu eniten hankkeen suunnittelu-prosessin alkuvaiheessa, jossa sitä tarvitaan päätöksenteon tueksi hanke- ja ratkaisuvaihtoehtoja vertailtaessa. Hiilijalanjäljen rinnalla myös hiilikädenjäljen määrittäminen on tärkeää.

Työpajassa saatujen vastausten perusteella päästötietojen käsittely halutaan sitoa samankaltaiseen prosessiin kuin kustannusohjaus. Päästölaskennan tulisi tapahtua alusta alkaen samoilla, suunnittelun edetessä tarkentuville panostiedoilla, mikä mahdollistaisi laskennan tarkentamisen ja seurannan koko elinkaaren läpi.

Eri organisaatioiden asettamat kansalliset ja kunnallisen tason päästövähennystavoitteet ovat kunnianhimoisia niin ajallisesti kuin määrällisesti, joten päästölas-kenta tulisi jalkauttaa hankeprosessiin mahdollisimman pian.

5 Ihku-laskentajärjestelmän rooli päästölaskennassa

Tässä luvussa käydään läpi Ihku-laskentapalvelun perustiedot sekä Ihkuun peilattuna erilaisia skenaariota, kuinka päästölaskentaa olisi mahdollista lähteä toteuttamaan. Luvussa kuvataan myös linkitys rakennusosatiekannon ja päästötietokannon välillä, ja mitä tämä tarkoittaa käytännön toteutettavuudelle Ihkun mahdollisuudesta toimia päästölaskennan työkaluna.

5.1 Perustiedot Ihku-laskentapalvelusta

Ihku-laskentapalvelu on kokonaisuus (Kuva 8), jonka muodostavat Ihku-kustannuslaskentajärjestelmä sekä siihen liittyvät palvelut, kuten koulutus sekä tuki- ja käyttöpalvelut (Ihku-allianssi, 2022).

Ihku-laskentapalvelua käytetään selainpohjaisen laskentasovelluksen kautta. Laskentasovelluksella käyttäjä luo laskelmat ja raportit hankkeista. Laskentasovelluksen taustalla toimii rakennusosakirjasto, joka sisältää laskentaan tarvittavat rakennusosat, tuotanto-osat ja panokset. Rakennusosakirjasto on yhtenäinen Infra 2015 nimikkeistön kanssa. Rakennusosia ja panoshinnastoa päivitetään säännöllisesti, vähintään 2 kertaa vuodessa.

Hanketietokanta on organisaatiokohtainen hanketietovarasto. Organisaatioon liitettyjen hankkeiden kustannuslaskelmat tallentuvat hanketietokantaan automaattisesti. Ihku-laskentapalveluun sisältyvät mm. asiakastuki sekä koulutus- ja käyttöpalvelut (Väylävirasto, 2021c).



Kuva 8. Ihku-laskentapalvelun kokonaisuus (Ihku-allianssi, 2022).

Ihku-laskentapalveluun on suunnitteilla myös rajapintojen toteutus, joka mahdollistaa erilaiset lisäarvopalvelut. Rajapintojen toteutuksen aikataulu, käyttö ja hinnoittelu eivät ole vielä varmistuneet.

5.2 Päästölaskennan toteuttamismahdollisuudet Ihkussa

Selvitystyön aikana tunnistettiin neljä mahdollista skenaariota päästölaskennan toteuttamisesta Ihkuun peilaten. Skenaariot eivät ole toisiaan poissulkevia vaihtoehtoja, vaan niitä on mahdollista jatkokehittää toistensa rinnalla tai vaihteittain. Kaikkien päästölaskennan toteuttamisvaihtoehtojen kehittäminen vaatii myös päästölaskennan menetelmäkehitystyötä infra-alan yhteisten toimintatapojen löytämiseksi.

Tunnistetut päästölaskennan toteuttamisen skenaariot ja niiden määritelmät:

1. Päästölaskenta Ihku-laskentasovelluksessa
 - Ihkun hanke- ja rakennusosakirjasto on linkitetty SYKE:n infrapäästötietokannan päästökertoimiin.
 - Kustannus- ja päästölaskenta toteutuvat rinnakkain.
 - Mahdollistaa päästötiedon saumattoman jatkuvuuden ja vertailtavuuden suunnitteluvaiheiden välillä.
2. Päästölaskenta Ihkun ulkopuolella ns. panosraporttina
 - Ihkuun tehdään panosraporttitoiminto, joka antaa hankkeen panosmäärät.
 - Panosraportti on siirrettävissä muihin päästölaskentasovelluksiin, joiden toiminta pohjautuu panosmääriin.
3. Päästölaskenta Ihkun ulkopuolella ns. rakennusosakirjastopäästötietokannana
 - Ihkun rakennusosakirjastosta muodostetaan rakennusosatasoinen päästötietokanta, jossa päästöt ilmoitetaan rakennusosan yksikköä kohden.
 - Tietokanta jaetaan muiden laskentasovellusten hyödynnettäväksi erikseen sovittujen periaatteiden mukaisesti.
4. Päästölaskenta Ihkun ulkopuolella ns. avoimena rakennusosakirjastona
 - Ihkun rakennusosakirjasto jaetaan muiden sovellusten käyttöön erikseen sovittujen periaatteiden mukaisesti.
5. Päästölaskenta Ihku-laskentasovelluksessa ja Ihkun julkaisema panosraportti
 - Skenaarioiden 1 ja 2 yhdistelmä.

5.2.1 Päästölaskentaskenaarioiden analyysit

Päästölaskennan toteuttamisen skenaarioista laadittiin analyysit ns. nelikenttämenetelmää eli SWOT-analyysiä hyödyntäen. Tilaajatahon näkökulmasta laadituissa analyyseissä tunnistettiin neljästä eri päästölaskentaskenaariosta kunkin sisäiset vahvuudet ja heikkoudet sekä ulkoiset mahdollisuudet ja uhat. Kaikki analyysissä tunnistetut havainnot eivät ole painoarvoltaan yhtä merkittäviä. Nelikenttään ei ole kuitenkaan priorisoitu tai painotettu havaintoja, koska tunnistettujen havaintojen merkittävyys on riippuvaista tarkastelun näkökulmasta.

Päästölaskennan toteutuminen Ihku-laskentapalvelussa (skenaario 1, Kuva 9) mahdollistaisi hankkeiden päästö- ja kustannuslaskennan samanaikaisesti ja yhteisillä periaatteilla. Tällöin hankkeen päästö- ja kustannusvaikutuksia on vaivatonta tarkastella rinnakkain. Myös hankkeen eri vaiheiden välinen jatkuvuus sekä eri hankkeiden päästölaskelmien keskinäinen vertailukelpoisuus toteutuisivat yksiselitteisen menetelmän myötä. Ihkussa toteutuvan laskennan etu olisi myös se, että siihen sisäänrakennetut ja rakennusosiin perustuvat hankeosat mahdollistavat hankeosalaskelmatasoisien päästövaikutusten tarkastelun ilman välivaiheita. Toisaalta Ihkun kehittäminen päästölaskentaan vaatii työtä ja aikaa, sillä sovellus on kehitetty ensisijaisesti kustannuslaskentaan, ja päästötietokanta tulisi yhdistää rakennusosatiekantaan. Uhkana menetelmälle voidaan nähdä infra-alan laskentamenetelmien kehityksen hidastuminen, jos alalle ei tule muita kilpailevia päästölaskentasovelluksia.

<p>VAHVUUDET</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kustannuslaskenta samoilla periaatteilla • Kustannuslaskenta samanaikaisesti • Jatkuvuus suunnitteluvaiheiden välillä • Vertailukelpoisuus eri hankkeiden ja saman hankkeen eri suunnitteluvaiheiden välillä • Avoimuus panostasolle • Päästölaskennan integrointi hankeosalaskentaan • Päästötietokanta on tehty yhteensopivaksi Ihkun kanssa 	<p>HEIKKOUEDET</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ihku on ensisijaisesti rakennettu kustannuslaskentaan • Ihkun kehittäminen päästölaskentatyökaluksi vie aikaa • Päästötietokannan ja Ihkun rakennusosakirjaston yhtenäistäminen vaatii työtä • Ihku ei sisällä tällä hetkellä elinkaarilaskentaa – päästöjen osalta standardit ”vaativat” elinkaaren arviointia
<p>MAHDOLLISUUDET</p> <ul style="list-style-type: none"> • Keskitetty ylläpito • Vaihtoehtojen vertailu • Muokattavuus panostasolle saakka • Infrapäästötietokanta on laadittu Ihkun panostietokannan pohjalta • Vertaisarviointi ja laskentojen tunnuslukutarkastelut • Mahdollisuus rakennusosien sijaan tunnistaa myös materiaalit • Mahdollisuus yhdistää hankkeen elinkaaren päästöt ja kustannukset - edellyttää kehitystyötä Ihkussa 	<p>UHAT</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ihkusta tulee ainoa infrarakentamisessa käytettävä päästölaskentaohjelma – voi hidastaa alan yleistä kehitystä • Päästölaskentaan vaadittavia tietoja hallitaan useassa eri paikassa, esim. tällä hetkellä LIPASTO ja CO2Data ovat erillään • Mikäli Ihku ei jaa avoimesti tietoa, niin ala ei pysty hyödyntämään ja jatkojalostamaan Ihkun tuottamia panostietoja ja rakennusosakirjastoja

Kuva 9. SWOT-analyysi skenaariosta 1: Päästölaskenta Ihku-laskentasovelluksessa.

Skenaarion 2 (Kuva 10) mukaisessa menetelmässä Ihkussa olisi panosraporttitoiminto, joka hankkeen kustannus ja/tai määrälaskennan kautta antaisi hankkeelle panosraportin. Päästölaskenta tapahtuisi ulkopuolisella laskentamenetelmällä panosraportin pohjalta. Rakennusosat eivät välttämättä olisi yhteismitallisia eri laskelmissa, mutta menetelmä mahdollistaisi päästölaskennan hanke- ja rakennusosakohtaisesti. Heikkoutena tässä skenaariossa olisi riski päästölaskennan menetelmien hajautumiselle ja siten laskelmien vertailtavuuden puutteelle. Tämä lisäisi

tilaajan vastuuta tarkkojen laskentamenetelmien ja reunaehtojen määrittelemisestä.

<p>VAHVUUDET</p> <ul style="list-style-type: none"> • Päästölaskentaohjelmien kilpailu ja ohjelmistokehitys • Mahdollistaa päästölaskennan hanke- ja rakennusosakohtaisesti 	<p>HEIKKOUEDET</p> <ul style="list-style-type: none"> • Päästölaskenta hajautuu • Ei muuta nykytilannetta panosraporttipohjaisista päästölaskennoista • Vaatii tilaajilta enemmän ohjausta • Erillään kustannuslaskennasta • Ihkulta kysytään päästölaskentaan liittyviä asioita, joihin Ihkulla ei välttämättä ole valmiutta vastata, esim. panoksen paino, käyttövoima jne. • Elinkaarilaskenta toteutetaan erillisissä ohjelmissa kunkin omilla periaatteilla
<p>MAHDOLLISUUDET</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mahdollistaa kriittisen arvioinnin alalla, kun useita toimijoita • Mahdollistaa päästölaskennan muilla ohjelmilla • Lisätuloja Ihkun kehitykseen mahdollisella lisensointimallilla • Ei vaadi ”merkittävää” kehitystyötä verrattuna skenaarioihin 1, 3 ja 4 	<p>UHAT</p> <ul style="list-style-type: none"> • Päästölaskenta ei ole yhdenmukaista • Päästölaskenta hajautuu eri ohjelmistoille <ul style="list-style-type: none"> • Tämä voi olla myös mahdollisuus • Alalla ei ole yhtenäistä menetelmää – vaatii tilaajalta tarkat speksit • Panoksen sisältö käsitetään eritavalla kuin kustannus- ja päästölaskennassa

Kuva 10. SWOT-analyysi skenaariosta 2: Päästölaskenta Ihkun ulkopuolella ns. panosraporttina.

Skenaarion 3 analyysissä (Kuva 11) tunnistettiin rakennusosakirjastopäästötietokannan vahvuuksiksi ja mahdollisuuksiksi sen luomat edellytykset päästölaskentaohjelmien kehitykselle. Menetelmä ei kuitenkaan mahdollista ohjaavaa vaikutusta suunnittelulle tai hankinnoille, sillä päästöjen jakautumista esim. materiaalivalintojen perusteella ei olisi mahdollista tarkastella.

<p>VAHVUUDET</p> <ul style="list-style-type: none"> • Päästölaskentaohjelmien kilpailu ja ohjelmistokehitys • ”Helppokäyttöisyys” 	<p>HEIKKOUEDET</p> <ul style="list-style-type: none"> • Keskimääräistää kuljetuspäästöt • Ei mahdollista päästöjen jakautumisen tarkastelua tai muokkauksia, esim. materiaalin, työn tai kuljetuksen suhteen – ei ohjaavaa vaikutusta suunnitteluun tai hankintoihin panostasolla • Ei sovi Ihkun ”periaatteisiin” avoimuuden osalta • Erillään kustannuslaskennasta • Päästötietokannan ja Ihkun rakennusosakirjaston yhtenäistäminen vaatii työtä • Ei sovi hankeosalaskentaan vaan vaatii hankeosamallit
<p>MAHDOLLISUUDET</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mahdollistaa kriittisen arvioinnin alalla, kun useita toimijoita • Mahdollistaa päästölaskennan muilla ohjelmilla • Lisätuloja Ihkun kehitykseen mahdollisella lisensointimallilla 	<p>UHAT</p> <ul style="list-style-type: none"> • Päästölaskenta ei ole yhdenmukaista (kuitenkin yhdenmukaisempaa kuin skenaariossa 2) • Päästölaskenta hajautuu eri ohjelmistoille • Alalla ei ole yhtenäistä menetelmää – vaatii tilaajalta tarkat speksit • Panoksen sisältö käsitetään eritavalla kuin kustannus- ja päästölaskennassa

Kuva 11. SWOT-analyysi skenaariosta 3: Päästölaskenta Ihkun ulkopuolella ns. rakennusosakirjastopäästötietokantana.

Skenaariossa 4 päästölaskenta toteutettaisiin avoimen rakennusosakirjaston pohjalta (Kuva 12). Avoin rakennusosakirjasto sisältäisi kaikki samat tiedot, joita käytetään panospohjaiseen kustannuslaskentaan, eli rakennusosat, tuotanto-osat, panokset ja niiden määrät sekä työsaavutukset ja materiaalimenekit. Tämän menetelmän myötä infra-alalle voisi syntyä uutta tietoa, jota ei aiemmin ole ollut saatavilla. Rakenteelliset muutokset Ihkussa tai sen käyttämissä tietokannoissa voivat olla uhkana menetelmän toimivuudelle kolmansilla osapuolilla.

<p>VAHVUUDET</p> <ul style="list-style-type: none"> • Päästölaskentaohjelmien kilpailu ja ohjelmistokehitys • Alalle merkittävästi uutta tietoa, jota ei aiemmin ole ollut saatavilla 	<p>HEIKKOUEDET</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tuotetaan paljon tietoa – miten saadaan kuvattua, mitä tietoa luovutetaan (Ihkussa on paljon relaatioita eri tietokantojen välillä) • Edellyttää yhteistyötä alan kanssa siinä, miten tieto saadaan hyödynnettävään ja ylläpidettävään muotoon • Ei tällä hetkellä sovi hankeosalaskentaan, vaan vaatii hankeosamallit
<p>MAHDOLLISUUDET</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mahdollistaa kriittisen arvioinnin alalla, kun useita toimijoita • Lisätuloja Ihkun kehitykseen mahdollisella lisensointimallilla • Alan sovellusten kehittäminen esim. elinkaarilaskelmat tai urakoitsijoiden käyttöön aikataulusuunnittelu, materiaalipassit, työmaiden energiasuunnittelu, työkoneiden energiaoptimointi, latausinfraan rakentaminen • Suomalaisen ohjelmayritysten KV-vientipotentiaali kasvaa 	<p>UHAT</p> <ul style="list-style-type: none"> • Päästölaskenta ei ole yhdenmukaista • Ihkun tietokantoihin voi tulla rakenteellisia muutoksia, mikä voi aiheuttaa muutostarpeita myös vastaanottavan ohjelmistoihin • Uhkana, ettei ala ota tietoja käyttöön ja päästölaskennat eivät kehity

Kuva 12. SWOT-analyysi skenaariosta 4: Päästölaskenta Ihkun ulkopuolella ns. avoimena rakennusosakirjastona.

Edellä kuvattujen skenaarioiden lisäksi voidaan eri vaihtoehtoja yhdistämällä luoda vaihtoehtoja, jotka aikaansaisivat useampia laskentamahdollisuuksia ja kehitysuuntia (skenaario 5). Esimerkiksi skenaarioiden 1 ja 2 yhdistelmässä päästölaskenta olisi avointa aina panostasolle asti ja rakennusosakohtainen laskenta olisi mahdollista nopeammassa aikataulussa myös muissa laskentasovelluksissa kuin Ihkussa. Tämä mahdollistaisi päästölaskennan kehityksen etenemisen koko alalla. Eri tahot (konsultit, ohjelmistotalot, tutkimuslaitokset...) voisivat tällöin kehittää elinkaarilaskennan menetelmiään ja tuottaa tietoa myös Ihkun hyödynnettäväksi. Toisaalta, kuten kaikissa Ihkun ulkopuolisissa laskentamenetelmissä, jossa päästölaskentaa ei ole sidottu kustannuslaskentaan, näiden välinen linkitys katkeaa panosraportin tulostukseen. Esim. muokkaamalla panosraporttia päästölaskennan näkökulmasta, ei voida suoraan arvioida, mitkä ovat vaikutukset kustannuksiin.

5.3 Rakennusosanimikkeistö vs. päästönimikkeistö

Infra 2015-nimikkeistön rakennusosat kuvaavat lopputuotteiden rakenteellisia osia. Nimikkeistö sisältää myös ns. hanketehtävät, jotka kuvaavat rakennushankkeen eri osapuolten tehtäviä ja vastuita (Rapal Oy, 2019). Rakennusosa- ja hankenimikkeistön avulla voidaan luoda selkeä hierarkia koko infrahankkeelle aina panostasolle asti. Kustannuslaskentaa on tehty jo pitkään nimikkeistöön perustuen.

Nimikkeistöön pohjautuva rakennusosakirjasto on olennainen osa myös Ihku-laskentasovellusta (Väylävirasto, 2022).

Periaatteessa infrahankkeen päästölaskennan toteutus on hyvin samankaltainen kustannuslaskennan kanssa – laskentaan tarvitaan vain määräluettelo ja yksikköpäästöt. Todellisuudessa päästölaskennan toteuttaminen Ihku-järjestelmässä vaatii rakennusosanimikkeistön ja päästönimikkeistön yhteensovittamista. Ihkun panostiedot on laadittu kustannuslaskennan ehdoilla ja on oletettavaa, että järjestelmään sisältyy sellaisia panoksia, joissa yksi kustannuspohjainen panos on syytä jakaa useampaan ja päinvastoin. Esimerkiksi työkonetunti voi maksaa saman diesel- ja sähkökäyttöisellä koneella, mutta ominaispäästö on hyvin erilainen (Väylävirasto, 2022).

5.4 Päästötietokanta

Lähtökohtana on, että Ihkussa tullaan käyttämään infran CO2data.fi-päästötietokantaa. Tietokannan rakenteessa on hyödynnetty Ihkussa jo olevien rakennusosien panoslistausta ja lisäksi tietokannan pilotointi on parhaillaan käynnissä. CO2data-tietokannan pilotointia on tehty toistaiseksi väylähankkeilla, mutta tietokannan pilotointi myös kaupunkien hankkeilla on käynnistymässä syksyn aikana. Tiedossa on, että päästötietokanta ei sisällä vielä kaikkia tarvittavia infrarakentamisen kannalta tärkeitä tietoja mm. kasvillisuusrakenteita. Tämä ei kuitenkaan ole esteenä päästötietokannan hyödyntämiselle ja on nähtävissä, että tietokantaa pystytään laajentamaan tulevaisuudessa nopeastikin mm. pilottien avulla. Ihkun kannalta pitää sopia, miten yksikköhintaisille rakennusosille laaditaan päästökertoimet sekä myös luoda päästörakenne mm. hanketehtäville.

Infra- päästötietokannan tulevaisuudesta ei ole vielä olemassa poliittista päätöstä. Tahtotila päästötietokannan kehittämiseksi infrarakentamisen tarpeisiin on kuitenkin vahva ja sitä myöten myös päästötietokannan hyödyntäminen Ihkussa nähdään suhteellisen riskittömänä vaihtoehtona.

5.5 Päästölaskennan käytännön toteutettavuus Ihkussa

Koska Ihku-laskentasovellus on kehitetty ensisijaisesti kustannuslaskentaan, siinä ei ole päästölaskennan edellyttämiä toiminnallisuuksia.

Kehitystyö on mahdollista aloittaa kehittämällä Ihku-laskentasovellukseen uusi raporttipohja ”panosraportti”, jonka avulla lasketaan hankkeen kaikkien eri panosten panosmäärät (kg, m³, jne.) Panosraportin panosmääriä hyödyntäen päästölaskentaa voitaisiin tehdä Excelillä tai muilla sovelluksilla. Panosraportti on ensimmäinen toivottu ominaisuus päästölaskennan asiantuntijoilta. Panosraportti mahdollistaa päästöjen laskennan jollain muullakin sovelluksella.

Jos päästölaskenta toteutetaan Ihku-laskentasovelluksessa, sen käyttöliittymälle on lisättävä päästölaskennan edellyttämiä toiminnallisuuksia ja näkymiä. Lisäksi laskentasovellukseen (ja todennäköisesti rakennusosakirjastoon) on tuotava panoshintojen rinnalle panoskohtaiset päästökertoimet, jotka mahdollistavat päästölaskennan Ihku-laskentasovelluksessa käyttäjien syöttämien hanke- ja rakennusosakohtaisten määrätietojen perusteella.

Ihku-laskentapalvelun rakennusosakirjaston panoksille tulisi kohdistaa infra-päästötietokannan mukaiset panosten päästökertoimet. Yksi vaihtoehto olisi tehdä tämä Ihku-laskentapalvelun nykyisen rakennusosakirjaston tietokannassa, mikä edellyttäisi jossain määrin myös tietokannan rakenteen muokkausta. Toinen vaihtoehto voisi olla, että Ihku-laskentasovellus lukisi suoraan infra-päästötietokantaa ja yhdistäisi sen päästökertoimet Ihkun panoksiin. Tämä edellyttäisi, että kaikki panokset ovat aina samat ja yhteensopivat.

Infra-päästötietokannan kehityksessä hyödynnetään Ihkun rakennusosakirjaston mukaista panoslistausta, joka helpottaa Ihku-laskentapalvelun rakennusosakirjaston ja infra-päästötietokannan mahdollista yhdistämistä, koska suuri osa panoksista on suoraan yhdistettävissä alla olevan kuvan tapaisesti (Kuva 13).

Ihku-laskentapalvelun rakennusosakirjaston tieto			Infrarakentamisen CO ₂ -päästötietokannan tieto	
Panoslaji	Ryhmä	Panos	Päästökerroin	Päästökertoimen yksikkö
Materiaali	Betonit	betoni, C25/30, P0, # 16 mm, S2	230,00	kg CO ₂ e / m ³
Materiaali	Betonit	betoni, C35/45, P0, # 16 mm, S2	270,00	kg CO ₂ e / m ³
Materiaali	Kiviainekset	murske, kalliomurske, KaM 0/32	6,00	kg CO ₂ e / tn
Materiaali	Kiviainekset	murske, kalliomurske, KaM 0/16	6,00	kg CO ₂ e / tn
Kone	Kuorma-autot	kasettikuorma-auto, sis. kuljettaja (konepanos)	0,039	kg CO ₂ e /tkm
Kone	Kaivinkoneet	kaivinkone, KKH 25 t, sis. Kuljettaja	40,66	kg CO ₂ e /h
Kone	Kaivinkoneet	kaivinkone, KKH 21 t, sis. Kuljettaja	34,13	kg CO ₂ e /h

Kuva 13. Ihkun rakennusosakirjaston tietojen yhdistäminen CO₂-päästötietokannan tietoihin.

Kaikille Ihkun panoksille ei todennäköisesti kuitenkaan löydy suoria vastaavuuksia, mikä voi lisätä asiantuntijatyön tarvetta rakennusosakirjaston panosten päästökertoimien kohdentamisen osalta. Rakennusosakirjastossa on jonkin verran (noin 20 %) yksikköhintaisia rakennusosia, jotka pitää kuitenkin huomioida jollain tapaa myös päästölaskennassa. Yksikköhintaisten rakennusosien päästökertoimet voitaisiin arvioida esimerkiksi panospohjaisten rakennusosien perusteella (lähin vastaavuus). Asiantuntijatyötä edellyttäisi todennäköisesti myös se, kun Ihkun rakennusosakirjastoon tulee uusia panoksia, joille tulee selvittää ja kohdentaa päästökertoimet.

Alla olevassa kuvassa (Kuva 14) on hahmoteltu, miltä laskelma voisi näyttää yksittäisen rakennusosan osalta Ihku-laskentasovelluksen käyttöliittymällä.

						Yksikköpäästö 10,73 kgCO ₂ e/m ³ tr	
KOODI	NIMI	MÄÄRÄ	YKSIKKÖ	YKSIKKÖHINTA	YHTEENSÄ		
2111	Suodatinkerros, hiekka	Kuljetusmatka: 20 km	12 500 m ³ tr	14,19	177 415,53		
TUOTANTO-OSAT JA PANOKSET						YKSIKKÖHINTA	YHTEENSÄ
Materiaali: suodatinhiekkä, kerrokset (1 m ³ tr/m ³ tr)						8,63 €/m ³ tr	107 914,78 €
PÄÄSTÖKERROIN						YKSIKKÖHINTA	YHTEENSÄ
hiekkä, suodatinhiekkä						4 kgCO ₂ e / t	107 914,78 €
RESURSSI/MENEKKI						YKSIKKÖHINTA	YHTEENSÄ
hiekkä, suodatinhiekkä						2,09 t/m ³ tr	107 914,78 €
PÄÄSTÖKERROIN						YKSIKKÖHINTA	YHTEENSÄ
hiekkä, suodatinhiekkä						4 kgCO ₂ e / t	107 914,78 €
Kuljetus, kasettikuorma-auto (1 m ³ tr/m ³ tr)						4,21 €/m ³ tr	52 657,31 €
PÄÄSTÖKERROIN						YKSIKKÖHINTA	YHTEENSÄ
kasettikuorma-auto, sis. kuljettaja						35,10 kgCO ₂ e / kone-h	52 657,31 €
RESURSSI/MENEKKI						YKSIKKÖHINTA	YHTEENSÄ
kasettikuorma-auto, sis. kuljettaja						4	52 657,31 €
PÄÄSTÖKERROIN						YKSIKKÖHINTA	YHTEENSÄ
kasettikuorma-auto, sis. kuljettaja						94,78 €/kone-h	52 657,31 €
TYÖSAAVUTUS						YKSIKKÖHINTA	YHTEENSÄ
kasettikuorma-auto, sis. kuljettaja						90,00 m ³ tr/h	52 657,31 €
Leivitys, suodatin- tai jakava kerros, suodatin 2100 (1 m ³ tr/m ³ tr)						0,73 €/m ³ tr	9 150,03 €
PÄÄSTÖKERROIN						YKSIKKÖHINTA	YHTEENSÄ
kaivinkone, KKH 17-21 t, sis. kuljettaja						34,13 kgCO ₂ e / kone-h	9 150,03 €
RESURSSI/MENEKKI						YKSIKKÖHINTA	YHTEENSÄ
kaivinkone, KKH 17-21 t, sis. kuljettaja						1	9 150,03 €
PÄÄSTÖKERROIN						YKSIKKÖHINTA	YHTEENSÄ
kaivinkone, KKH 17-21 t, sis. kuljettaja						65,88 €/kone-h	9 150,03 €
TYÖSAAVUTUS						YKSIKKÖHINTA	YHTEENSÄ
kaivinkone, KKH 17-21 t, sis. kuljettaja						90,00 m ³ tr/h	9 150,03 €
Tiivistys, suodatin- tai jakava kerros, suodatin 2100 (1 m ³ tr/m ³ tr)						0,62 €/m ³ tr	7 693,41 €
PÄÄSTÖKERROIN						YKSIKKÖHINTA	YHTEENSÄ
tiivistys, JT 06, sis. kuljettaja, koko 3						38,78 kgCO ₂ e / kone-h	7 693,41 €
RESURSSI/MENEKKI						YKSIKKÖHINTA	YHTEENSÄ
tiivistys, JT 06, sis. kuljettaja, koko 3						1	7 693,41 €
PÄÄSTÖKERROIN						YKSIKKÖHINTA	YHTEENSÄ
tiivistys, JT 06, sis. kuljettaja, koko 3						55,39 €/kone-h	7 693,41 €
TYÖSAAVUTUS						YKSIKKÖHINTA	YHTEENSÄ
tiivistys, JT 06, sis. kuljettaja, koko 3						90,00 m ³ tr/h	7 693,41 €

Kuva 14. Ihku-laskentapalvelun mahdollinen rakennusosakohtainen näkymä, jossa esitettäisiin mistä rakennusosan yksikköpäästö muodostuu.

Kuvan 14 mukaisesti päästömäärät laskettaisiin rakennusosittain näiden sisältämien panosmäärien ja panoskohtaisen päästökertoimien avulla.

Panoskohtaiset päästömäärät laskettaisiin panoslajikohtaisesti hieman eri tavoin. Esimerkiksi rakennusosan "2111 Suodatinkerros, hiekka" materiaalipanoksen "hiekkä, suodatinhiekkä" päästömäärä laskettaisiin kaavalla:

- panoksen päästökerroin * menekki * TO-kerroin * rakennusosan määrä = päästömäärä
- 4 kgCO₂e/t * 2,09 t/m³tr * 1 m³tr/m³tr * 12 500 m³tr = 104 500 kgCO₂e

Sen sijaan konepanoksen "kasettikuorma-auto, sis. Kuljettaja" päästömäärä laskettaisiin kaavalla:

- rakennusosan määrä / työsaavutus * resurssimäärä * panoksen päästökerroin * TO-kerroin = päästömäärä
- 12 500 m³tr / 90 m³tr/h * 4 kpl * 35,10 kgCO₂e/kone-h * 1 m³tr/m³tr = 19 500 kgCO₂e

Ihku-laskentasovelluksen nykyistä laskentalogiikkaa pitäisi siis laajentaa vähintään näiltä osin, että laskentasovellus laskisi ja näyttäisi hintatietojen rinnalla myös päästölaskennan edellyttämät tiedot.

Ihku-laskentasovelluksen nykyistä käyttöliittymää voitaisiin todennäköisesti hyödyntää hyvin ja se mahdollistaisi myös kustannus- ja päästötietojen esittämisen rinnakkain eri tasoilla hankelaskelmilla kuten alla olevassa kuvassa (Kuva 15) on hahmoteltu.

Ihku ja päästölaskenta - esimerkkihanke

Perustiedot	Käyttöoikeudet	Hankerakenne	Hanketehtäväprosentit	Raportointi	Kirjastopäivitys	...
Ihku ja päästölaskenta - esimerkkihanke		1 300 000 kgCO ₂ e	2 532 080 €	<input type="checkbox"/>		
Jokukatu		800 000 kgCO ₂ e	1 618 523 €	<input type="checkbox"/>		
Purku- ja maanrakennustyöt		600 000 kgCO ₂ e	1 231 958 €	<input type="checkbox"/>		
Vesihuolto		30 000 kgCO ₂ e	86 060 €	<input type="checkbox"/>		
Valaistus		20 000 kgCO ₂ e	52 637 €	<input type="checkbox"/>		
Kivetykset, asfaltoinnit		130 000 kgCO ₂ e	209 005 €	<input type="checkbox"/>		
Maisema		20 000 kgCO ₂ e	38 862 €	<input type="checkbox"/>		
Yksikatu (vaihtoehto 1)		500 000 kgCO ₂ e	913 558 €	<input type="checkbox"/>		
Yksikatu (vaihtoehto 2)		700 000 kgCO ₂ e	800 000 €	<input type="checkbox"/>		

Kuva 15. Ihku-laskentapalvelun hankerakenne, johon lisättäisiin näkyviin laskelmakohtaiset päästötiedot.

Tämä mahdollistaisi esimerkiksi erilaisten suunnitteluratkaisuiden vertailun niin päästömäärien kuin kustannusten osalta. Lisäksi esimerkiksi Ihku-laskentasoveluksen rakennusosahaussa voisi esittää rakennusosakohtaisten yksikköhintojen lisäksi myös päästömäärät (Kuva 16).

Q Syötä koodi

Q suodatinkerros

[Tyhjennä hakutermit](#)
[Luo oma rakennusosa](#)
Ohje ✕

YKSIKÖT

m3rtr

- 2000 Päällys- ja pintarakenteet
 - 2100 Päällysrakenteen osat ja radan alusrakennekerrokset
 - 2110 Suodatinrakenteet
 - 2111 Suodatinkerrokset

Suodatinkerros, hiekka	1	m3rtr	10,73 kgCO ₂ e/m3rtr	14,19 €
Suodatinkerros, materiaali välivarastosta	1	m3rtr	2,37 kgCO ₂ e/m3rtr	5,33 €

Kuva 16. Ihku-laskentapalvelun rakennusosahaku, johon lisättäisiin näkyviin rakennusosakohtaiset päästötiedot.

Päästölaskenta edellyttäisi myös uusia ominaisuuksia Ihkun nykyisiin raporttipohjiin. Alla olevassa kuvassa (Kuva 17) on hahmoteltu, miten päästömäärät voisi esittää raporttitasolla hyödyntäen Ihku-laskentasoveluksen nykyisiä raporttipohjia.

Etusivu / Ihku ja päästölaskenta - esimerkkihanke / Raportointi / Kustannusarvio nimikkeittäin

Kustannusarvio nimikkeittäin

Ihku-laskentapalvelu
Raportti tulostettu 21.6.2022

Perustiedot

Hanke	Ihku ja päästölaskenta - esimerkkihanke		
Hankesuoraus	Mallihanke Ihku päästölaskenta		
Hanketunnus / kustannuspaikka	Rakennussuunnitelma		
Suunnitteluvaihe	Rakennussuunnitelma		
Hanketyyppi	Katu ja kunnallistekniikka		
Toteutusympäristö	Rakennettu ympäristö		
Tilajaorganisaatio	Turun kaupunki		
Tilajan vastuhenkilö			
Palveluntuottajaorganisaatio			
Palveluntuottajan vastuhenkilö			
Kustannuslaskennan hintataso	MAKU: 107,0 (2015-100)	Koko hanke yhteensä (alh 0 %)	3 342 923,51 €
Panoslaskennan hintataso	MAKU: 115,9 (2015-100, tammikuu 2022)		1 400 000 kgCO _{2e}
Rakennusosajasto	14.0.254-R (julkaisu)		

Rakennusosat muokatut hinnat näkyvät kursivilla

Rakennusosat yhteensä	Yksikköpäästö	MÄÄRÄ	YKSIKÖ	YKSIKÖHINTA (€)	YHTEENSÄ (€)	Yhteensä (kgCO _{2e})
1000 Maa-, pohja- ja kalliorakenteet					2 532 080,45	1 300 000
1100 Olevat rakenteet ja rakennusosat					1 130 826,06	600 000
1110 Poistettava, silrettävää ja suojattava kasvillisuus					115 884,22	50 000
1112 Poistettavat hyöttypuut					26 768,25	1 000
1112 Puun poisto, hyöttypuun hakkuu (paljon puuta, metsuri), kpl	1,0 kgCO _{2e} /kpl	1 000,00	kpl	26,77	26 768,25	1 000
1140 Poistettavat ja silrettävät maa- ja pengerrakenteet					73 386,51	30 000
1141 Poistettavat pintamaat					73 386,51	30 000
1141 Poistettava pintamaa, kuljetus loppusijoitukseen sis. vastaanottomaksu, savi, m2, h = 200 mm	1,2 kgCO _{2e} /m2	25 000,00	m2tr	2,94	73 386,51	30 000
1150 Poistettavat päällysrakenteet					15 729,46	50 000
1159 Muut poistettavat päällysrakenteet					15 729,46	50 000
1159 Reunatuen purku ja kuljetus loppusijoitukseen, upotettava reunatuki (betoni)	33,3 kgCO _{2e} /mtr	1 500,00	mtr	10,49	15 729,46	50 000

Kuva 17. Ihku-laskentapalvelun raporttipohja, johon lisättäisiin näkyviin myös päästötiedot.

Lisäksi olisi syytä toteuttaa panostasoinen raportti, jossa esitetään kunkin hankkeen panoksen yhteenlasketut päästömäärät. Tämä mahdollistaisi suurimpien päästölähteiden tarkastelun ja niihin vaikuttamisen suunnittelun.

Hanketehtävät lasketaan Ihku-laskentasovelluksessa prosentteina, joten myös niiden mahdollinen päästölaskentatapa tulisi suunnitella. Lisäksi tulisi ainakin ratkaista miten Ihkun materiaaliarahdit ja kuljetusmatkalaskuri yhdistettäisiin infra-päästötietokannan päästökertoimien kanssa.

Edellä esitetyt toiminnallisuudet voisivat toimia niin sanottuna ”päästölaskennan MVP” -versiona, jolloin päästölaskentaa voitaisiin tehdä Ihkussa hanke- ja rakennusosalaskennan rinnalla. MVP-versiota voitaisiin jatkokehittää käyttäjäpalautteiden ja kehityksen aikana nousseiden lisäkehitysideoiden pohjalta.

6 Yhteenveto

Selvityksessä tunnistettiin neljä erityylistä päästölaskennan toteutuksen vaihtoehtoista mallia, jotka eivät ole toisiaan poissulkeva. Näiden lisäksi tarkasteltiin viidettä mallia, joka on yhdistelmä kahdesta mallista. Päästölaskenta voidaan toteuttaa Ihkussa, mutta yleisen kehityksen kannalta on hyvä, että päästölaskentaa tehdään myös muilla ohjelmistoilla. Keskeistä on yhteinen laskentaperusta; päästötietokanta sekä rakennusosat, jolloin eri ohjelmilla on mahdollista päästä samaan lopputulokseen ja tulokset ovat keskenään vertailukelpoisia. Päästölaskennan pohjana käytetyn tiedon pitäisi olla avointa, vertailtua, vertailukelpoista ja luotettavaa. Lisäksi päästölaskennan pitäisi perustua yhteiseen nimikkeistöön.

Ihku on kehitetty ensisijaisesti kustannuslaskennan tarpeita palvelevaksi. Työssä oli oleellista selvittää, mitä lisätoiminnallisuuksia päästölaskenta Ihkuun edellyttää. Työpajan avulla kartoitettiin, millaisia tavoitteita päästölaskennalle on asetettu ja mihin sitä halutaan tulevaisuudessa käyttää infrahankkeissa. Päästölaskenta pitäisi olla osa normaalia toimintatapaa aina kaavoituksesta rakentamiseen ja kunnossapitoon. Aikaisessa vaiheessa on tärkeää tunnistaa keskeiset päästölähteet, kun taas rakentamisvaiheessa päästölaskennan tulisi viimeistään olla osana hankkeen kilpailutusta tietyllä painotuksella. Päästölaskennan seuranta koettiin tärkeäksi osaksi kokonaisuutta. Suunnitteluvaiheessa tehtyä arviota pitäisi seurata myös käytön aikana, jolloin elinkaaripäästöjen osuus pystytään todentamaan.

Ihkun kannalta mahdollinen etenemispolku on esitetty alla:

1. Työpajan ja asiantuntijakommenttien perusteella tarve päästölaskennalle ja yhtenäiselle laskentaperustalle on akuutti. Tämän huomioon ottaen on mahdollista, että ns. ”panosraportti” toiminnallisuuden toteuttaminen Ihkussa voisi olla ensimmäinen tarvittava kehittämiskohde. Tällöin päästölaskenta panosmääriä hyödyntäen voitaisiin tehdä Excelillä tai muilla päästölaskentasovelluksilla.
2. Pidemmällä tähtäimellä päästölaskennan toteuttaminen Ihkussa voi olla perusteltua, sillä päästölaskenta ja kustannuslaskenta linkittyvät oleellisesti toisiinsa. Tilaajaorganisaatioiden näkökulmasta on hyvä, että tiedot löytyvät kootusti yhdestä paikasta. Rakennusosapohjaisen päästölaskennan toteuttamiseksi Ihkussa rakennusosakirjaston panoksille tulisi kohdistaa infra-päästötietokannan mukaiset panosten päästökertoimet. Syken ylläpitämä päästötietokanta ei vielä täysin vastaa infrarakentamisen tarpeita, mutta sen pilotointi on käynnissä ja yhteen toimivuus Ihkun kanssa varmistettu. Näin ollen Ihkun näkökulmasta voidaan pitää suhteellisen riskittömänä Ihkun integroimista tietokannan kanssa. Ihkun rakennusosakirjastossa on jonkin verran yksikköhintaisia rakennusosia, joiden päästökerroimet voitaisiin arvioida esimerkiksi panospohjaisten rakennusosien perusteella. Ihku-laskentasovelluksen nykyistä laskentalogiikkaa pitäisi laajentaa siten, että laskentasovellus laskisi ja näyttäisi hintatietojen rinnalla myös päästölaskennan edellyttämät tiedot. Ihku-laskentasovelluksen nykyistä käyttöliittymää voitaisiin todennäköisesti hyödyntää hyvin ja se mahdollistaisi myös kustannus- ja päästötietojen esittämisen rinnakkain eri tasoilla hankelaskelmilla. Päästölaskenta edellyttäisi myös uusia ominaisuuksia Ihkun nykyisiin raporttipohjiin.

3. Ihkussa on tällä hetkellä toteutettuna rakennusosatasoinen kustannuslaskenta. Hankeosalaskenta on vielä työn alla ja tavoitteena on hankeosalaskennan julkaisu vielä tämän vuoden puolella. Aikaisimmassa suunnitteluvaiheessa hankeosalaskenta on keskeisessä roolissa. Ihkussa hankeosat pohjautuvat rakennusosiin, jolloin rakennusosakirjaston ja päästötietokannan yhteys palvelee suoraan myös hankeosalaskentaa. Mikäli halutaan mahdollistaa vakiomuotoien hankeosalaskennan tekeminen myös muissa järjestelmissä, täytyy pohtia millä tavalla mahdollinen hankeosalaskenta tapahtuisi panosraportin pohjalta. Selvityksen aikana hankeosalaskennan käyttöliittymä ei vielä ollut täysin valmis, joten ehdotuksia käyttöliittymänäkymistä ei ole tarkasteltu.
4. Selvityksessä tunnistettiin tulevaisuuden kehitystarpeita päästölaskennalle, joita ei vielä tässä vaiheessa tarvitse priorisoida. Näitä ovat mm. päästölaskennan ja mahdollisesti Ihkun hyödyntäminen hankintavaiheessa, hiilikädenjäljen määrittäminen, elinkaarilaskentojen mahdollistaminen sekä suunnitteluvaiheessa arvioitujen päästöjen seuranta rakentamis- ja kunnossapitovaiheessa. Ohjelmistokehitys on nopeaa, jolloin voi olla perusteltua päästölaskennan kannalta tarkastella mahdollisuutta Ihkun rakennusosakirjaston avaamisesta esim. rajapintaratkaisulla. Päästölaskennan tulevaisuuden tarpeet ovat hyvin yhteneviä Ihkussa jo tunnistettujen kustannuslaskennan tulevaisuuden tarpeiden kanssa, jolloin vaadittujen toiminallisuuksien kehittäminen Ihkuun palvelee kumpaakin. Tällä hetkellä Ihkun lisensointimalli ei mahdollista erillistä päästölaskentalisenssiä vaan lisenssi kattaa kaikki Ihkun toiminnallisuudet. Tulevaisuudessa saattaa tulla tarve myös tapauskohtaisesti pelkälle päästölaskennalle, jolloin voi olla syytä tarkastella Ihkun lisensointimallia.

Huolimatta siitä missä konkreettinen päästölaskenta tapahtuu, on myös itse suunnitteluprosessiin kiinnitettävä huomiota. Päästölaskennan huomioimista osana suunnitteluprosessia ei ole määritetty samalla tavalla kuin esim. kustannuslaskennan prosessia. Tavoitteena päästölaskennassa on iteratiivisempi menettelytapa, jolloin päästölaskenta ei tapahdu hankkeen lopussa valitulla suunnitteluratkaisulla. Tavoitteena on, että hankkeen aikana eri vaihtoehtojen ja myös yhden vaihtoehdon eri toteutustapojen päästöjä voitaisiin tarkastella mahdollisimman ketterästi. Myös päästölaskennan ohjaava vaikutusta osana suunnittelua on tarpeellista kehittää. Ohjelmistokehitys alalla on nopeaa. Mikäli automaatiota ja koneavusteista optimointia esim. päästölaskennan osalta suunnitteluratkaisussa halutaan hyödyntää, tulisi pohtia Ihkun rakennusosakirjaston ja kustannusdatan hyödyntämisen periaatteita tarkemmin.

Kansallisen tahtotila päästölaskennan kehittämiseksi on vahva. Kokonaisvaltainen kehittäminen vaatii myös päästölaskennan menetelmäkehitystyötä yhteistyössä alan kanssa. Yhteisesti on sovittava esim. miten kuljetukset lasketaan tai eri kuormien suhteet. Alan kanssa on syytä tarkastella, mitä muuta tiedolla voitaisiin tehdä. Mahdollisia käyttötapauksia ovat mm. elinkaarilaskennat, materiaalipassit, työmaiden energian suunnittelu, työkoneiden energiaoptimointi jne.

Lähteet

- A-insinöörit. (2022). Rakentamisvaiheen päästöt.xlsm. Päästölaskentapilotointi rakentamisvaiheesta hankkeessa Vt 5 Hurus-Hietanen.
- EN 15804. (2019). *SFS-EN 15804:2012 + A2:2019:en Sustainability of construction works. Environmental product declarations. Core rules for the product category of construction products.*
- Ihku-allianssi. (2022). *Ihku-laskentapalvelu*. Haettu 1.. 9. 2022 osoitteesta <https://ihkuallianssi.fi/ihku-laskentapalvelu/>
- Liikennevirasto. (2014). *Panos pohjaisen CO₂-laskennan pilotointi väylähankkeessa. Kehä I liittymän parantaminen Kivikontien eritasoliittymän kohdalla*. Helsinki: Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 8/2013. Noudettu osoitteesta https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2014-18_panos pohjaisen_co2-laskennan_web.pdf
- Liikennevirasto. (2017). *Infrahankkeiden EN-standardeja noudattava hiilijalanjälki- ja elinkaariarviointi - Hankkeiden hiilijalanjäljen ohjaus- ja optimointimahdollisuudet suunnittelu- ja rakennuttamistoiminnassa*. Helsinki: Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä, 20/2017.
- Rapal Oy. (2019). *Päästölaskennan kehityshanke*.
- RT 10-11284. (2017). *Hankkeen johtamisen ja rakennuttamisen tehtäväluettelo HJR18*. RAKLI ry ja Rakennustietosäätiö RTS.
- Suomen ympäristökeskus SYKE. (2021). *Rakentamisen päästötietokanta CO2data.fi*. Haettu 1.. 8. 2022 osoitteesta https://www.hiilineutraalisuomi.fi/fi-FI/Tyokalut/Rakentamisen_paastotietokanta
- Väylävirasto. (2019). *Väylänpidon hiilijalanjälki ja sen laskeminen*. Helsinki: Väyläviraston julkaisuja 50/2019.
- Väylävirasto. (2020). *Tie- ja ratainfrastruktuurin elinkaariarvioinnin opas*. Helsinki: Väyläviraston julkaisuja 64/2020.
- Väylävirasto. (2021a). *Infrastruktuurihankkeiden elinkaaren hiilijalanjälkilaskenta. CASE-tarkastelut ratahankkeiden elinkaaren CO₂-päästövaikutuksista*. Väylävirasto.
- Väylävirasto. (2021b). *Väylähankkeiden kustannushallinta*. Helsinki: Väyläviraston ohjeita 39/2021.
- Väylävirasto. (2021c). *Väylähankkeiden käsittely Ihku-laskentapalvelussa*. Helsinki: Väyläviraston ohjeita 20/2021.
- Väylävirasto. (2022). *Infrarakentamisen kansallinen päästötietokantahanke*. Helsinki: Väyläviraston julkaisuja 11/2022.



Väylävirasto
Trafikledsverket

ISSN 2490-0745
ISBN 978-952-317-999-8
www.vayla.fi