

# **Korjausrakennushankkeen hiilijalanjäljen ar- viointi ja arvioinnin todenmukaisuus**

## Tiivistelmä

Tekijä(t) Minkkinen, Juho	Julkaisun laji Opinnäytetyö, YAMK Sivumäärä 51+13	Valmistumisaika 2021
Työn nimi <b>Korjausrakennushankkeen hiilijalanjäljen arviointi ja arvioinnin todenmukaisuus</b>		
Tutkinto ja koulutusala Insinööri (YAMK), rakennustekniikan koulutus		
Ohjaavan opettajan nimi, titteli ja organisaatio Kimmo Liimatainen, Yliopettaja, LAB-ammattikorkeakoulu		
Toimeksiantajan nimi, titteli ja organisaatio (jos opinnäytetyöllä on toimeksiantaja) Harri Kokkonen, Yksikönpäällikkö, Rakentamisen palvelut, Are Oy		
Tiivistelmä <p>Ympäristöministeriö on käynnistänyt selvitystyön rakennusten ilmastaselvityksestä. Tavoitteena on asettaa uuden rakennuksen hiilijalanjäljen raja-arvot vuoteen 2025 mennessä. Nämä raja-arvot ovat sovellettavissa vanhojen korjattavien rakennusten raja-arvojen määrittelyyn. Hiilijalanjäljen arvioinnin koekäyttövaihe on päätynyt 2020 ja ehdotus asetukseksi rakennuksen ilmastaselvityksestä on lausuntokierroksella.</p> <p>Opinnäytetyöhön on valittu tutkimusmenetelmäksi kehittämistutkimusmenetelmä, joka toteutettiin laskennallisilla menetelmillä yksittäisessä kohteessa. Tutkimusta varten käytettiin ympäristöministeriön rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalua. Työkalua käyttäen laskettiin vuonna 2021 käynnissä olevan saneeraustyömaan hiilijalanjälkilaskelma. Kyseessä on 1400m<sup>2</sup> toimistotila ja liikerakennus Jyväskylän keskustassa. Laskelman on tarkoitus antaa tietoa saneerattavien tilojen osalta hiilijalanjäljen laskennan käytöstä.</p> <p>Työn tarkoituksena on tarkastella ja verrata oikean toteutuneen työmaan toimintaa ja sen hiilijalanjälkeä. Koska rakennuksen ilmastaselvitys on mahdollisesti tulevaisuudessa pakollinen tieto rakennusluvalla, tarkoitus on pohtia mahdollisia päästöjä vähentäviä tekijöitä saneerauskohteessa. Työn tulosten perusteella on tarkoitus saada sekä rakentajille, että rakennuttajille tärkeää tietoa saneerauskohteen suurimmista ilmastoa saastuttavista rakennusosista ja materiaaleista.</p>		
Asiasanat hiilijalanjälki, laskelma, arviointi, toteutuma, saneeraus, työmaa		

## Abstract

Author(s) Minkkinen, Juho	Type of Publication Thesis, MEng Number of Pages 51+13	Published 2021
Title of Publication <b>Carbon footprint calculation assessment of the renovation construction site and truthfulness of the calculation</b>		
Degree and field of study Master of engineering, civil engineering		
Name, title and organization of the supervising teacher Kimmo Liimatainen, Principal lecturer, LAB University of applied sciences		
Name, title and organisation of the client (if the thesis work is commissioned by another party) Harri Kokkonen, Head of unit, construction services, Are Oy		
Abstract <p>The Ministry of the Environment has launched a study on the climate assessment of buildings. The goal is to set limit values for the carbon footprint of the new building by 2025. The use of limit values is also suitable for defining limit values for renovation of older buildings. The pilot phase of the carbon footprint assessment has ended in 2020, and a proposal for a regulation on the building's climate study is in statement round.</p> <p>A development research method has been chosen as the research method for the thesis, which was implemented using calculation methods. The carbon footprint assessment tool of the Ministry of the Environment's buildings was used for the study. Using the tool, the carbon footprint calculation in the year 2021 ongoing renovation worksite was calculated. This is a 1400m<sup>2</sup> office space and a commercial building in the center of Jyväskylä. The purpose of the calculation is also to provide information on the use of carbon footprint calculation for the premises to be renovated.</p> <p>The purpose of the work is also to examine and compare the correct, actual operation of the site and its carbon footprint. As the climate assessment of a building may be mandatory information in the construction permit in the future, it is also intended to consider possible mitigating factors at the renovation site. Based on the results of the work, it is intended to provide both builders and contractee with important information about the largest climate-polluting materials at the renovation site.</p>		
Keywords carbon footprint, calculation, estimation, realization, renovation, construction site, assessment		

## Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Kehittämistutkimus ja tutkimuksen lähtökohdat.....	3
2.1	Työn taustaa.....	3
2.2	Kehittämistutkimus menetelmänä .....	3
2.3	Kehittämistutkimuksen tavoite ja tarkoitus .....	4
2.4	Tutkimuksen aineisto, rajaus ja tutkimuskysymykset .....	5
3	Hiilijalanjälki .....	7
3.1	Hiilijalanjäljestä yleisesti.....	7
3.2	Hiilijalanjälkilaskenta .....	8
3.3	Rakentamisen hiilijalanjälki .....	9
3.4	Hiilijalanjäljen arviointi rakentamisessa .....	11
3.5	Materiaalien hiilijalanjälki korjausrakentamisessa .....	12
3.6	Kuljetusten hiilijalanjälki .....	13
3.7	Työmaan hiilijalanjälki.....	14
4	Elinkaariarviointi ja ympäristöseloste .....	16
4.1	Elinkaariarviointi .....	16
4.2	Rakennustuotteiden käyttöikä ja määrät .....	17
4.3	Ympäristöseloste .....	18
4.4	Hiilikädenjälki.....	19
4.5	Laskennassa käytettävien tietojen laatu.....	20
5	Kehittämistutkimuksen toteutus .....	21
5.1	Kehittämistutkimuksen tavoitteet.....	21
5.2	Tutkimuksen lähtötiedot.....	21
5.3	Hiilijalanjälkilaskennan toteutus .....	24
5.3.1	Materiaaliluettelo .....	25
5.4	Käytettyjen arvojen taustaa.....	27
5.5	Laskennassa käytettyjen tietojen luotettavuus .....	29
6	Kehittämistutkimuksen tulokset.....	30
6.1	Laskennan tulokset.....	30
6.2	Elinkaariarviointi .....	32
6.3	Hiilijalanjäljen pienentämisen vertailulaskelma.....	34
6.4	Hiilijalanjälkilaskenta korjausrakennuskohteessa.....	36
6.4.1	Hiilijalanjäljen vertailu uudiskohteen ja korjauskohteen välillä .....	37
6.5	Hiilijalanjälkilaskelman toteutuma .....	38

6.6	Hiilijalanjätkilaskelman tarkkuus ja todenmukaisuus .....	40
7	Johtopäätökset tuloksista.....	42
7.1	Ennakkoon laskettu hiilijalanjälki.....	43
8	Pohdinta .....	45
	Lähteet .....	48

## Liitteet

Liite 1. Rakentamisen hiilijalanjäljen arviointi-työkalu ja laskenta kohteesta Kolmikulma 3- ja 5-kerros

Liite 2. Määräluettelo ja rakennusmateriaalien massojen laskenta- excel taulukko

Liite 3. Pohjapiirustus Kolmikulma kolmas ja viides kerros

## 1 Johdanto

Rakennusteollisuus on yksi saastuttavimpia teollisuudenaloja (Rakennusteollisuus RT 2021 d.). Suomen ympäristöministeriö valvoo maankäyttöä ja rakentamista Suomessa. Rakennettu ympäristö luo ihmisille perustan turvalliselle ja terveelliselle elämälle. Sen on oltava elinvoimainen ja tulevaisuudessa myös hiilineutraali. Tällä hetkellä rakennettu ympäristö on vastuussa noin 30 prosentista kasvihuonekaasuista (Kuittinen 2016, 2). Tavoitteena on vuoteen 2035 hiilineutraali Suomi, joka ei ilman ilmastotoimia toteudu. Tätä tavoitetta Ympäristöministeriö ja Business Finland tukevat merkittävillä rahasummilla ja esimerkiksi Business Finlandin rahoitus tutkimukseen ja vähähiilisen rakentamisen kehittämiseen on yhteensä 32 miljoonaa euroa (Ympäristöministeriö 2021a; Ympäristöministeriö 2021b.)

Rakentamisessa hiilineutraaliuden saavuttaminen on vielä kaukana tulevaisuudessa. Ensiaskelia hiilineutraalimpaan rakentamiseen on otettu 2010-luvulle tullessa muun muassa materiaalikierrätyksellä. Myös rakentamisen hiilijalanjälki on noussut keskusteluihin. Elinkaaren arviointia pidetään usein sopivimpana välineenä tieteelliseen rakennusten ja rakennusmateriaalien päästöjen arviointiin. Ympäristöministeriö on lähtenyt kehittämään myös Suomen rakentamiseen sopivaa järjestelmää ja arviointimenetelmää vähähiilisen rakentamisen mittaamiseksi. Menetelmän kehitys on alkanut jo 2010-luvun puolivälissä ja rakentamisen ilmastaselvityksen pitäisi tulla osaksi rakennuslupahakemusta vuonna 2025. Tavoitteena on asettaa uuden rakennuksen hiilijalanjäljen raja-arvot vuoteen 2025 mennessä. Nämä raja-arvot ovat sovellettavissa vanhojen korjattavien rakennusten raja-arvojen määrittelyyn. Hiilijalanjäljen arvioinnin koekäyttövaihe on päätynyt 2020 ja ehdotus asetukseksi rakennuksen ilmastaselvityksestä on lausuntokierroksella (Ympäristöministeriö 2021 c.)

Suomen rakennuskanta on vanhaa ja rakennuksissa on korjausvajetta todella paljon. Arvioiden mukaan korjausvelka rakennuskannassa ja infrassa on yhteensä jopa 50 miljardia euroa, joka on sama kuin koko Suomen valtion vuosittainen budjetti (Rakennusteollisuus RT 2021.). Kun korjausvelkaa lähdetään purkamaan, tulee tehdä taloudellisesti ja ilmastoa ajatellen oikeita päätöksiä. Elinkaariajattelu rakennusosien säilyttämisen, kunnostamisen ja materiaalien kierrättämisen osalta korostuu. Oikeilla materiaalivalinnoilla ja rakennusosien kunnostuksella pystytään puuttumaan korjausvelkaan hyvin. Päätöksissä tulee huomioida ympäristö ja se että emme rasita luontoa enempää kuin on tarve. Koko korjattavan rakennuskannan takia on tärkeää, että korjausrakentamisen hiilijalanjäljen määrää tutkitaan. Se poikkeaa uuden rakentamisen osalta siinä, että suurin osa rakennusosista on säilyviä ja vanhoja rakenteita käytetään mahdollisimman paljon hyväksi.

Tämän tutkimuksen aihe-esimerkkinä käytettävä liikekeskus ja toimistorakennus Jyväskylän Kolmikulma ja sen kolmannen ja viidennen kerroksen toimistomuutokset ovat mainio

esimerkki siitä, miten vuosien aikana vanhaa rakennusta on käytetty erilaisiin tarkoituksiin ja kuinka se on palvellut eri tavoin erilaisia käyttäjiä. Jyväskylän Kolmikulma liikerakennus on valmistunut vuonna 1938 ja se on alun perin valmistunut Keski-Suomen Sähköliikkeen (nykyinen Are Oy) liiketiloiksi, jossa toimi autoliike ja sähköliike. Kyseistä vanhaa osaa on sittemmin laajennettu paljon. Muun muassa Kolmikulman yhteyteen on tullut parkkitalo, toimistosiipilaajennus ja katettu sisäpiha, joka toimii kauppakeskuksena. Kolmikulma rakennuksena on mahtava esimerkki muuntojoustavuudesta ja siitä kuinka toimivia tiloja on vuosien aikana pidetty hyvässä kunnossa. (Keski-Suomen museo 2013.)

Toimitilojen ja rakennusten käyttäjät vaihtuvat sopimusten päättyessä. Kun sopimukset päättyvät, toimitiloja on pystyttävä muokkaamaan seuraavan käyttäjän toiveiden mukaisesti mahdollisimman yksinkertaisesti. Se tuo kustannusetua ja rakentamisen hiilijalanjälki pysyy pienenä. On erittäin tärkeää kiinnittää huomiota materiaalivalintoihin varsinkin, kun varsinaisiin kantaviin rakennusosiin ei välttämättä kosketa ollenkaan. Toimitilojen muuntojoustavuuden parantaminen on ekologinen valinta, jos sitä verrataan kokonaan uuden toimitilan tekemiseen.

Useat toimitilojen ja rakennusten sisällä tehtävät muutokset ovat niin pieniä, että ne eivät varsinaisesti rakennuslupaa tarvitse. Jos rakennuksen sisällä tehdään rakenteellisia muutoksia esimerkiksi paloluokkiin, palo-alueisiin tai muutokset ovat mittavia, silloin on hankittava rakennuslupa. Luvanvaraista on esimerkiksi, jos rakennuksen tai rakennuksen osan käyttötarkoitus muuttuu. Kunnan rakennusviranomaisen toteaa hankkeen laajuuden ja suunnitelmien pohjalta, tarvitseeko kyseinen hanke rakennusluvaa (Ympäristöministeriö 2015 f.). Tulevaisuudessa jos rakennuslupa vaatii ilmastaselvityksen, joten pienet rakennuksissa tehtävät pienet muutokset eivät tule kenenkään tietoon. Useat toimitilamuutokset ovat kuitenkin niin isoja ja monesti korjaushankkeiden yhteydessä tehdään esimerkiksi palokatkoihin parannuksia, joten ne ovat luvanvaraisia parannuksia ja ne on hyvä myös viedä rakennuslupakäsittelyyn. Näin ollen hiilijalanjälkilaskelmaa tehtäessä korostuu, mitä materiaaleja rakennuksen sisäpuolelle on valittu. Tämän työn tarkoituksena on tutkia, miten hyvin Ympäristöministeriön luoma Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu toimii korjausrakennuskohteessa ja kuinka todenmukainen se on toteutumaan nähden.

## 2 Kehittämistutkimus ja tutkimuksen lähtökohdat

### 2.1 Työn taustaa

Tämä työ toteutettiin yhteistyössä Are Oy:n kanssa. Työ käsittelee Arelle tärkeitä arvoja kuten hiilineutraalisuus ja hiilijalanjäljen vähentäminen rakentamisessa. Opinnäytetyössä on potentiaalia tarjota Are Oy:lle työkalu ja kilpailuvaltti markkinoilla jo ennen ilmastaselvityksen pakollisuutta rakennuslupaprosessissa. Are voi tämän työn avulla tarjota tilaajille ja yhteistyökumppaneille mahdollisuuden nähdä rakentamisesta aiheutuvan hiilijalanjäljen ja tekemään mahdollisia materiaalivalintoja sen perusteella. Rakennuttajille pystytään siis tarjoamaan jo ennen rakennusprosessia tietoa valinnoista, joita kannattaisi tehdä päästökseen taloudellisesti ja ilmastoystävällisesti hyvään lopputulokseen.

Are Oy on perinteinen suomalainen perheyritys, jolla on jo yli sadan vuoden kokemus rakentamisesta ja erityisesti talotekniikasta. Are tarjoaa ratkaisuja ja palveluita käytännössä koko kiinteistön elinkaarelle ja tämän takia kiinteistön elinkaariajattelu on Arelle tärkeää. Are toteuttaa uudiskohteiden talotekniikkaurakointia, kiinteistön ylläpitoa ja huoltoa, kiinteistön modernisointia sekä korjausrakentamista. Are kehittää toimintaansa jatkuvasti ja haluaa olla varsinkin talotekniikka-alan suunnannäyttäjänä, ylläpitoa ja modernisointia unohtamatta. Aren suurimpina tavoitteina on energia- ja kustannustehokkaasti toteutetut tilat ja tyytyväiset asiakkaat. Are Oy:ssä työskentelee noin 3500 henkilöä ympäri Suomen ja Arella on toimintaa myös Ruotsissa. Yksi yrityksen strategian pääkohdista on kestävä kehitys ja sen myötä Are haluaa tarjota asiakkailleen ratkaisuja ja palveluita, jotka auttavat saavuttamaan asiakkaan ympäristötavoitteet rakennuksen elinkaaren kaikissa vaiheissa. (Are Oy n.d.)

Ympäristöministeriön työkalu hiilijalanjäljen laskentaa varten perustuu yhteiseen eurooppalaiseen standardiin SFS-EN 15978:2012 Sustainability of construction works, calculation methods. Tämän standardin pohjalta luotu hiilijalanjäljen arviointityökalu soveltuu rakennusten ja infrahankkeiden ympäristövaikutusten selvittämiseen ja arviointiin, jossa on mukaan luettu hiilijalanjälki. Standardin mukaisesti työkalu ottaa huomioon rakennushankkeiden elinkaaripäästöt, myös niin kutsutut epäsuorat päästöt. (Bionova 2020.)

### 2.2 Kehittämistutkimus menetelmänä

Opinnäytetyöhön on valittuna tutkimusmenetelmäksi kehittämistutkimus. Kehittämistutkimus on tutkimusmenetelmä, jota ei voi määritellä yksiselitteisesti. Kehittämistutkimuksen keskeisimpiä asioita ovat teoriaan pohjautuva kehittäminen ja teorian tuottaminen kehittämisestä. Kehittämistutkimuksella haetaan vastauksia eri kolmeen kysymykseen: ” *i) miten*



*kehittämisessä edetään, ii) millaisia tarpeita ja mahdollisuuksia kehittämisellä on ja iii) millaiseen tuotokseen kehittäminen johtaa?”*. Näihin kysymyksiin vastaaminen jakaa kehittämistutkimuksen päätökset kolmeen eri kategoriaan. (Pernaa 2013.)

Kehittämistutkimuksessa päätetään työtavat, joita tarvitaan tutkimuksen suunnittelussa, valmisteluissa, toteuttamisessa ja kehittämisessä. Opinnäytetyön aloitusvaiheessa tutustutaan Ympäristöministeriön toteuttamaan Rakennusten hiilijalanjäljen arviointi-työkaluun. Tässä vaiheessa opetellaan työkalun käyttöä ja sen toimintoja, sekä itse laskentatapaa. (Pernaa 2013.)

Ongelma-analyysikategoriassa selvitetään kehittämistutkimuksessa tulevat haasteet ja määritellään työn tavoitteet. Ongelma-analyysi voi olla teoreettinen tai empiirinen ja se koostuu esimerkiksi testaamisesta. Kyseisessä työssä ongelma-analyysikategoriassa koetaan kaikki tarvittava materiaali. Tämä koskee mm. työmaan laskennallisia arvoja. Kun laskenta-arvot on koottu, lähdetään testaamaan laskentataulukkoa ja sen toimivuutta. (Pernaa 2013.)

Kehittämistuotos on tutkijoiden ratkaisu ongelma-analyysissä esiinnousseisiin haasteisiin ja kehittämisprosessin mahdollisuuksiin. Kehittämistuotos kehittyy tutkimusprosessin edetessä ja tietojen syventyessä. Hankkeen loppuvaiheessa pohditaan, onko laskentatyökalu järkevä, antaako se riittävän tarkan kuvan korjausrakentamisen hiilijalanjäljestä ja pystytäänkö sitä vielä tarkentamaan. Lisäksi puututaan mahdollisiin epäkohtiin ja huomioihin mitä työssä on tullut esille. (Pernaa 2013.)

Kehittämistutkimus aloitetaan yleensä aina ongelma-analyysillä, jossa analysoidaan kehittämisen tarpeet mahdollisuudet ja haasteet. Tämä on pakollinen vaihe, sillä tarpeen täytyy nousta oikeasta ongelmasta. Tässä työssä ongelma-analyysin lähtökohtana on tutkia, kuinka hyvin nyt luotu Rakennusten hiilijalanjäljen arviointi-työkalu soveltuu myös korjausrakentamisen kohteeseen ja kuinka hyvää informaatiota se antaa korjausrakentamisen hiilijalanjäljestä. (Pernaa 2013.)

### 2.3 Kehittämistutkimuksen tavoite ja tarkoitus

Kehittämistutkimuksen tavoitteena on tehdä Rakennusten hiilijalanjäljen arviointi-työkalua käyttäen hiilijalanjälkilaskelma korjausrakennuskohteeseen ja tutkia työkalun soveltuvuutta korjausrakentamiseen. Lisäksi tarkoituksena on verrata laskennasta saatuja arvoja toteutettavaan rakennuskohteeseen ja pohtia laskennan todenmukaisuutta. Tutkimuksesta saatavalla tiedolla pystyttäisiin toteamaan seikkoja, jotka vaikuttavat varsinkin korjausrakennuskohteen hiilijalanjälkeen, eli mitkä asiat ovat kaikista saastuttavimpia

saneerauskohteissa. Koska ilmastaselvitystä tuodaan aluksi uudiskohteisiin, tutkimus toisi näkökulmaa myös uudiskohteiden mahdollisiin tulevaisuuden korjauksiin ja tilamuutoksiin.

Nykypäivänä varsinkin isot liiketilat, päiväkodit ja koulut pyritään tekemään muuntojoustaviksi tiloiksi, koska niiden tilakäytöstä ei pystytä sanomaan esimerkiksi 20 vuoden päähän mitään. Tällä turvataan tilojen muokkauskykyä silloisen tilakäyttäjän tarpeisiin. Muuntojoustavuuteen ja sen eri teemoihin on jo muun muassa Arkkitehti N. John Habraken ottanut kantaa 1960-luvulla. Hänen teemansa rakennusten muuntojoustavuuteen on ”Open Building” ajattelumalli. ”Open Building” mallissa ajatellaan, että rakennuksessa on erilaisia tasoja, joiden käyttämiseen suunniteltu ikä on jokin tietty ja niiden muunneltavuus erilaisiin tarpeisiin tulee tämän iän myötä. Mitä pidempi käyttöikä on, sitä haastavampaa on rakenteen muunneltavuus. Open Building-ajattelu tarkoittaa asuntorakentamisessa sitä, että rakennukseen tehdään pelkästään runko eli niin sanottu pääkerros ja lopun asunnonomistaja voi toteuttaa itse mieleisekseen. Tämä ajattelu tukee muuntojoustavuutta, koska asunnonomistaja voi omilla valinnoillaan tehdä esimerkiksi seinistä helposti purettavia ja muunneltavia. (Openbuilding 2021.)

Opinnäytetyöhön liittyy case-tyyppinen esimerkkityömaa, jonka tietoja käytetään hyväksi työn tavoitteiden saavuttamiseksi. Esimerkkityömaa on hyvin perinteinen toimistotilamuutos liikekeskuksessa, jossa vaihtuvat vuokralaiset ja tilan käyttäjät. Työmaan tietoja hyödyntämällä on tarkoitus tuoda käytännönläheistä tietoa tutkimukseen ja esimerkiksi osoittaa laskennan yksinkertaistuksia, jotka mahdollisesti vääristävät todenmukaista hiilijalanjälkeä. Työ toteutetaan käyttäen ympäristöministeriön laskentatyökalua, joten tutkimus perustuu olettamukseen, että kyseiselle työmaalle olisi haettu rakennusluvan edellyttämä ilmastaselvitys, joka on suunniteltu tulevan pakolliseksi rakennuslupaa haettaessa.

## 2.4 Tutkimuksen aineisto, rajaus ja tutkimuskysymykset

Opinnäytetyössä tutkitaan korjausrakennuskohteen hiilijalanjälkeä ja hiilijalanjälkilaskelmaa. Työtä on rajattu koskemaan vain yhtä esimerkkitapaustyömaata. Työ ottaa hieman kantaa rakennuksen elinkaaren ilmastaselvitykseen ja elinkaarilaskentaan, mutta se käsittelee pääasiassa vain rakentamisen aikaista hiilijalanjälkeä ja sen laskemista Ympäristöministeriön ohjeen mukaisesti. Työssä otetaan kantaa kyseisen esimerkkikohteen korjausrakentamisesta aiheutuviin rakennusosiin ja rakenteisiin materiaaleineen. Kyseinen kohde on todellinen ja työmaavaihe on käynnissä toukokuusta 2021 aina marraskuuhun 2021. Rajaus keskittyy pääasiassa urakoitsijan näkökulmaan hiilijalanjäljen määrittämisessä ja siihen, mitä se tulevaisuudessa voi tarkoittaa rakentajan kannalta. Työssä sivutaan hieman myös kustannustehokkuutta ympäristönäkökulma huomioiden, mutta ei esitetä mitään varsinaisia kustannuslaskelmia.

Työn aineisto koostuu pääasiassa Ympäristöministeriön laskentatyökalun laskennasta ja Jyväskylän Kolmikulman kolmannen ja viidennen kerroksen saneerauskohteen laskennan ja työmaan toteutusvaiheen tiedoista. Kohteen laskennassa on käytetty alkuperäisiä laskennan aikaisia suunnitelmia hyväksi. Tämä on lähtökohtana, jos oikeasti haluttaisiin toteuttaa hiilijalanjälkilaskelma rakennusluvalle. Työssä on käytetty pääasiassa internet-lähteitä, koska suurin osa tutkimuksista on saatavilla internetin kautta. Työn aineistona käytetään myös työmaan toteutuksesta saatuja tietoja, jotka tulevat pääasiassa alihankkijoiden tietojen kautta. Tällä pystytään ottamaan kantaa työmaan todellisessa toteutuksessa tapahtuneisiin asioihin ja hiilijalanjälkeen. Vaikka alun perin olisikin määritetty alkuperäinen rakentamisesta johtuva hiilijalanjälki, se voi muuttua toteutusvaiheessa.

Tämän tutkimuksen tavoitteen ja tarkoituksen mukaiset tutkimukselliset kysymykset ovat:

- Miten rakentamisen aikaisen hiilijalanjäljen arviointi sopii korjausrakennuskohteen?
- Miten ennen rakentamista laskettu hiilijalanjälkilaskelma eroaa toteutumasta?
- Pystytäänkö hiilijalanjäljen arviointia parantamaan vastaamaan todellista toteutusta?

Kysymyksiin haetaan vastausta käyttämällä Suomen Ympäristöministeriön laatimaa hiilijalanjäljen arviointityökalua. Koska kyseessä on vielä arviointityökalun luonnosvaihe, tässä työssä otetaan kantaa siihen, voisiko laskentaa vielä parantaa ennen varsinaista käyttöönottoa.

### 3 Hiilijalanjälki

#### 3.1 Hiilijalanjäljestä yleisesti

Hiilijalanjälkeä käytetään maailmalla yleisesti mittaamaan jonkin tuotteen, tavarain tai tekemisen luonnon saastuttamista ja ilmaston kuormittamista. Hiilijalanjälki koostuu kasvihuonekaasuista ja niiden päästöistä ilmakehään. Hiilijalanjäljen mittaamiseen käytetään yksikköä hiilidioksidiekvivalentti, joka on käytännössä kuvitteellinen yksikkö. Hiilidioksidiekvivalentti on päästöjen yhteismitta, jossa lasketaan yhteen päästöjen vaikutus kasvihuoneilmiön voimistumiseen. Kun päästöt muunnetaan ekvivalenttiseksi hiilidioksidiksi, päästöt yhteismitallistetaan sen lämmityspotentiaalikerroimen avulla. Kun hiilijalanjälkeä määritetään, on otettava huomioon sekä välilliset, että välittömät päästöt koko tuotteen tai asian elinkaaren ajalta. (Openco2 n.d.; Sanastokeskus n.d.)

Hiilijalanjälki ilmoitetaan kaikkien syntyvien päästöjen massana, eli esimerkiksi kgCO<sub>2e</sub> tai tnCO<sub>2e</sub>. Rakentamisessa saatu massamäärä usein ilmoitetaan vielä suhteutettuna rakennuksen nettopinta-alalle. Tämä kuvastaa, kuinka paljon yhden nettoneliön tekeminen säästää. Tämä voidaan vielä jakaa rakennuksen suunnitellulle käyttäjälle käyttämällä aikamääränä yhtä vuotta. Tällöin hiilijalanjäljen mittaava yksikkö on muotoa kgCO<sub>2e</sub>/m<sup>2</sup>netto/a. Näin saadaan varsinainen päästökerroin, joka kuvaa päästön määrää suhteessa tuotettuun tuotteeseen tai palveluun. (Openco2 n.d.)

Hiilidioksidiekvivalentti CO<sub>2e</sub>-suure kuvaa päästöjen yhteenlaskettua ilmastoa lämmittävää vaikutusta. GWP (Global Warming Potential) eli ilmastoa lämmittävä vaikutus liittyy erittäin vahvasti hiilidioksidiekvivalentin määrittämiseen. Eri kasvihuonekaasuilla on erilainen ilmastoa lämmittävä vaikutus. Muut kasvihuonekaasut suhteutetaan hiilidioksidin tämän avulla. Lisäksi GWP:tä käytetään parametrinä ympäristöselosteissa. (Openco2 n.d.)

Päästöjen laskentaan on myös olemassa positiivisesti vaikuttavia asioita ilmaston kannalta. Näitä mitattavia asioita kutsutaan hiilikädenjäljeksi. Kaikki tuotteet ja tavarat eivät pelkästään saastuta tai sen välillisissä tai välittömissä päästöissä voi olla tuotantoketjuja, jotka säästävät luontoa. Positiivinen hiilikädenjälki syntyy, kun tarjottu ratkaisu pienentää jonkun toisen hiilijalanjälkeä. Hiilikädenjälkeä syntyy esimerkiksi fossiilisten materiaalien korvaamisesta uusiutuvilla materiaaleilla tai esimerkiksi tuotteen käyttöään pidentymisellä. Hiilikädenjälkeä käytetään usein viestittämään ilmastohyödyistä eri sidosryhmien välillä. (Openco2 n.d.)

Hiilineutraalisuudella tarkoitetaan tasoa, jolla esimerkiksi yritys tai tuote ei kuormita ilmastoa ollenkaan. Silloin esimerkiksi kyseisen materiaalin hiilijalanjälki on määritetty ja sitä on pienennetty käyttökelpoisilla keinoilla. Sellaiset päästöt, joita ei ole onnistuttu vähentämään,

voidaan kompensoida osallistumalla päästöjen kompensointiohjelmiin. Ohjelmiin osallistumisessa on varmistettava, että päästövähennykset varmennetaan luotettavasti. (Openco2 n.d.)

### 3.2 Hiilijalanjälkilaskenta

Hiilijalanjälkeä arvioitaessa puhutaan aina myös elinkaariarvioinnista. Elinkaariarvioinnilla tarkoitetaan tuotteen tai palvelun sen koko elinkaaren aikana aiheuttamia ympäristövaikutuksia. Koko elinkaari on käytännössä esimerkiksi raaka-aineen hankkimisesta aina tavaran jätteeksi hylkäämiseen asti. Elinkaariarviointi eli LCA (Life Cycle Assessment) perustuu eri käytönvaiheiden arviointiin. Eri vaiheita on yhteensä 5 kappaletta. (Ympäristöministeriö 2019 d.)



Kuvio1. Rakennuksen elinkaaren vaiheet (Rakennuksen vähähiilisyysarviointimenetelmä 2019, 10.)

Rakentamisen eri elinkaaren vaiheet on kuvattuna kuvassa 1. Eri vaiheita on vielä pilkottu kirjain- ja numeroyhdistelmin eri vaiheisiin. Suomen malli pohjautuu täysin yleiseurooppalaiseen SFS-EN 15978;2012 standardiin ja vastaa näin perusajatukseltaan samaa kuin kyseinen standardi. Kyseisessä standardissa on määritelty perusrajaukset sille, miten rakentamisen hiilijalanjälkeä määritellään, mitä siinä lasketaan ja kuinka laskennassa otetaan asioita huomioon. Standardi määrittää EU-alueella rakennuksen ympäristövaikutuksien laskentamenetelmät. Standardissa määritetyt elinkaari vaiheet ovat A1-A5, B1-B7, C1-C4 ja D. Nämä sisältävät erilaisia vaiheita rakennuksen elinkaaresta. Suomessa vastaavat ovat tuotevaihe (vaiheet A1-A3), rakentamisvaihe (A4-A5), käyttövaihe (B), elinkaaren loppu (C) ja

elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset (D). (SFS-EN 15978, 2012; Ympäristöministeriö 2019 e.)

Euroopan komissio on laatinut niin sanottu Level(s)-menetelmän, johon myös Ympäristöministeriön laskenta perustuu. Levels-menetelmän pohjana on eurooppalaiset standardit (EN15978, EN15804, EN15643), jotka koskevat kestävästä rakentamista. (Ympäristöministeriö 2019 e.)

### 3.3 Rakentamisen hiilijalanjälki

Rakentamisen hiilijalanjälki on tällä hetkellä noin 30 prosenttia kasvihuonekaasuista (Kuitinen 2016, 2). Rakentamisessa ei voida ottaa varsinaisesti yhtä tiettyä vaihetta elinkaaresta ja todeta, että tässä on ratkaisu. Rakentamisessa kaikissa elinkaaren vaiheissa on suuria ympäristövaikutuksellisia tekijöitä. Suurimpana yksittäisenä ympäristönvaikuttajana on käyttövaihe. Sen osuus rakennuksen elinkaaren päästöistä noin 40 prosenttia. Itse rakentamisaikaisista päästöistä vaikutus on koko elinkaaren aikana noin 20 prosenttia ja materiaalien valmistuksen noin 25 prosenttia. Elinkaaren loppuun jää näin noin 15 prosenttia. Käytännössä siis niillä valinnoilla, joita on tehty ennen rakennusprosessia esimerkiksi energian ja rakennusosien suhteen on suurin merkitys vasta itse käyttövaiheessa. Jos valinnat on tehty oikein, käyttövaiheessa voidaan tehdä mittavia säästöjä ympäristönäkökulmasta. (Ympäristöministeriö 2019 d.)

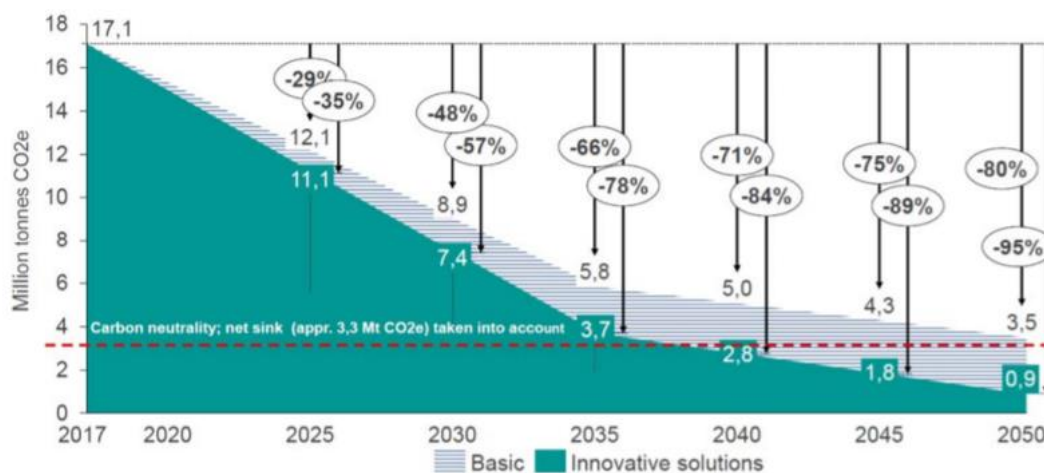
Suomessa rakentamisen vähähiilisyystavoitteet perustuvat valtion tavoitteista olla vuoteen 2035 mennessä hiilineutraali (Ympäristöministeriö 2021 a.). Tämä tavoite on kunnianhimoinen ja oikeilla toimilla varmasti saavutettavissa, mutta se vaatii isoja tekoja. Rakennusteollisuus on laatinut yhdessä sidosryhmiensä kanssa rakennusteollisuuden vähähiilisyyttä kuvaavan tiekartan, jossa on kuvattuna koko rakennusalan päästöt. Tiekartan tavoitteena on selvittää erilaisia keinoja päästöjen tehokkaaseen vähentämiseen rakennetun ympäristön osalta. Päästövähennystoimien laatimisaikataulu on vaativa ja sen on toteuttanut Gaia Consulting Oy. Rakennusosalalla on yleisellä tasolla valtionalouteen suuri merkitys, rakennusalan esimerkin näyttäminen teollisuusalan on tärkeää. Pohjoismaat haluavat olla edelläkävijänä rakentamisen vähähiilisydessä, sen vuoksi nopeita ja tehokkaita keinoja tarvitaan. (Gaia News 2019; Rakennusteollisuus RT 2019 a; Rakennusteollisuus RT 2020 b.)

Tiekarttatyössä on kartoitettu kattavasti Suomen rakennusteollisuuden rakennetun ympäristön hiilijalanjälkeä ja mistä eri osatekijöistä se muodostuu. Kartoituksessa on myös selvitetty mahdollisuuksia ja haasteita päästöjen vähentämiseksi. Tiekartassa on muodostettu kokonaiskäsitelmä rakennusalan ja tulevaisuuden päästöjen kehittyminen rakennetun ympäristön osalta kahden eri skenaarion pohjalta. Tiekartan mukaan merkittävin osa-alue on

olemassa olevien rakennusten energiatehokkuuden parantaminen. Rakennuskannan mahdollisimman nopea siirtyminen uusiutuviin ja vähäpäästöisiin energiamuotoihin vaikuttaisi kaikista eniten rakennetun ympäristön vähähiilisyteen. Kokonaisuudessaan rakennetun ympäristön päästöistä lähes 75 prosenttia syntyy rakennusten käytön aikaisesta lämmön ja energiankulutuksesta. (Rakennusteollisuus RT 2020 b.)

Rakentamisessa suurimman hiilijalanjäljen muodostaa betonin käyttäminen rakentamisessa ja työmaatoiminnot. Työmaatoiminnoilla tarkoitetaan pääasiassa kaikkea työnaikaisesta lämmittämisestä polttomoottorikäyttöisiin työkoneisiin, kuten nostimet ja kurottajat. Työmaiden sähköistymisellä ja biopolttoaineisiin siirtymisellä olisi erittäin suuri merkitys rakentamisen hiilijalanjälkeen. Myös rakentamisen teknologian kehittymisellä on vaikutusta hiilijalanjälkeen. Erityisesti materiaalien, kuten sementin korvaaminen betonin tuoteketjussa jollain vähäpäästöisemmällä materiaalilla olisi huomattava merkitys rakentamisen hiilijalanjälkeen. Myös saastuttavan teräksen tuotannon kehittyminen uusiutuvia energiamuotoja hyödyntäväksi toisi suuret hiilidioksidisäästöt ympäristölle. Fossiilivapaata terästä on jo saatu tuotettua muun muassa Ruotsissa, jossa terästä on pelkistetty vedyllä fossiilisten hiilen ja koksen sijaan. (Rakennusteollisuus RT 2020 c; Yle 2021.)

Rakennusteollisuuden teettämän tiekartan kaksi eri skenaariota on luotu näyttämään rakentamisen päästöjen vähenemistä. Ensimmäinen skenaario on niin sanottu perusmalli, jossa ei tapahdu mitään suuria innovatiivisia ratkaisuja esimerkiksi materiaalien suhteen. Perusmallissakin rakentamisen hiilijalanjälki vähenee nykyhetken 17,1miljoonaa tonnia CO<sub>2</sub>e tasolta vuoteen 2035 mennessä tasolle 5,8miljoonaa tonnia CO<sub>2</sub>e. Vuoteen 2050 mennessä päästömäärä olisi 3,5miljoonaa tonnia CO<sub>2</sub>e. Muutoksen aiheuttaa rakennusmateriaalien pyrkimys vähähiilisyteen. Vertailuna tämä tarkoittaisi samaa, kun kaikki nykyhetkellä käytetty energia olisi päästövapaata. Toinen skenaarioista olettaa, että uusilla teknologian innovaatioilla pystytään enenevässä määrin vähentämään hiilidioksidipäästöjä. Tämä skenaario on jo vuonna 2035 perusmallin 2050-vuoden tasolla, eli vuoteen 2035 päästöt olisi jo tippuneet 3,7miljoonaan tonniin CO<sub>2</sub>e. Vuonna 2050 tämä olisi enää 0,9 miljoonaa tonnia CO<sub>2</sub>e, joka vastaa lähes tämän päivän pelkkää työmaatoimintojen määrää. (Rakennusteollisuus RT 2020 c.)



Kuvio 2. Rakennetun ympäristön hiilijalanjäljen kehittyminen Suomessa vuosina 2017-2050 perusskenaariossa ja innovatiivisessa skenaariossa. (Rakennusteollisuus RT 2020 c.)

### 3.4 Hiilijalanjäljen arviointi rakentamisessa

Suomessa rakentamisen hiilijalanjäljen arviointi koostuu viidestä eri vaiheesta: tuotevaihe (vaiheet A1-A3), rakentamisvaihe (A4-A5), käyttövaihe (B), elinkaaren loppu (C) ja elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset (D) (Ympäristöministeriö 2019 e.). Rakentamisen hiilijalanjäljen arvioinnilla halutaan vaikuttaa ihmisten tietoisuuteen rakentamisen päästöistä ja vaikuttaa päästöjen pienenemiseen huolellisen ennakkosuunnittelun avulla koko rakentamisen elinkaaren aikana. Rakentamisen hiilijalanjäljen arviointia tehdään uudis- ja korjausrakennushankkeille ja arviointi on tarkoitettu tehtäväksi samalla rakennuksen energiatehokkuuden määrittämisen kanssa. Ympäristöministeriön laskentatyökalu ei sovellu vielä infrahankkeiden arviointiin. (Ympäristöministeriö 2019 e.)

Hiilijalanjäljen arviointi soveltuu tehtäväksi esimerkiksi rakennussuunnittelun aikana. Suunnitteluvaiheessa on käytössä tarpeeksi yksityiskohtaisia tietoja rakennuksen materiaaleista ja energiankulutuksesta. Uudisrakentamisen arvioinnissa otetaan huomioon koko rakennus, tontin rakenteet sekä keskeisimmät osat taloteknisistä järjestelmistä. Arvioinnista jätetään huomiotta maaperä, kasvillisuus ja väliaikaiset rakenteet, kuten telineet ja suojaukset. Arviointi tehdään koko rakennuksen elinkaaren ajalle. Rakennuksen elinkaareen sisältyy kaikki rakennusmateriaalien ja tuotteiden valmistuksesta ja kuljetuksesta aina rakenteiden purkuun ja kierrättämiseen. (Ympäristöministeriö 2019 e.)

Rakentamisen hiilijalanjäljen arviointiin on tehty Ympäristöministeriön toimesta työkalu, jolla pystytään arvioimaan rakentamisen hiilijalanjälki. Tämä työkalu on lähtökohtana Suomessa tehtäville hiilijalanjäljen määrittelyille rakentamisessa. On myös olemassa muita työkaluja, jotka pohjautuvat samoihin standardeihin, mutta Ympäristöministeriön työkalu on sovellettu



toimimaan juuri Suomen olosuhteisiin. Vähähiilisyiden määrittämiseen tarvittavat tiedot löytyvät pääasiassa sille luodun tietokannan avulla, jota ylläpitää Suomen Ympäristökeskus (Suomen Ympäristökeskus 2021.). Tietokanta päivittyy ja tarkentuu uusien materiaalien ja rakennusosien osalta, kun uusia materiaaleja saadaan määritettyä. Päästötietokanta on maksuton ja palvelusta löytyy Suomessa käytössä olevien rakennusmateriaalien ja palveluiden keskimääräisiä päästötietoja. Päästötiedot ovat keskimääräisiä, mutta laskentaa ja hiilijalanjäljen arviointia tehtäessä ne ovat hyväksyttäviä. Tietokannan tavoitteena on yhdenmukaistaa koko rakennuskannan käytössä olevien materiaalien päästötietoja ja edistää ilmastovaikutusten laskentaa kohti vähähiilistä rakentamista. Päästötietokannasta löytyy yleisimmät ja käytetyimmät materiaalit. (Suomen Ympäristökeskus 2021.)

Kaikkia rakennusmateriaaleja ei ole saatavilla päästötietokannassa. Näiden selvittämiseen on mahdollista löytää esimerkiksi valmistajan www-sivustoilta ympäristöselosteita. Rakennustuotteen ympäristöselosteesta (Environment Product Declaration) selviää eurooppalaisen EN-standardin mukaisesti, millainen hiilijalanjälki kyseisellä tuotteella esimerkiksi on. Tuotteen kohdalla puhutaan ilmastonlämpenemispotentiaalista (GWP), eli kuinka paljon tuotteen valmistaminen ja itse tuote saastuttaa ympäristöä sen koko elinkaaren aikana. (Rakennustieto RTS a n.d.)

Kun rakennushankkeesta tiedetään käytettävät materiaalit ja niiden määrät, pystytään rakentamisen hiilijalanjälki arvioimaan. Määräluettelon avulla pystytään kaikki käytettävät materiaalit ja niiden määrät selvittämään. Rakentamisesta pitää olla rakenteiden suunniteltu käyttöikä tiedossa, koska se kertoo, kuinka paljon eri rakennusosia tai materiaaleja täytyy vaihtaa. Käyttöiällä pystytään myös arvioimaan mahdollista rakennusosien uudelleenkäyttöä ja kierrättämistä elinkaaren loppuvaiheessa. (Ympäristöministeriö 2019 e.)

### 3.5 Materiaalien hiilijalanjälki korjausrakentamisessa

Rakennustuotteiden ja rakennusmateriaalien hiilijalanjäljen arvioinnin sisältö perustuu pääasiassa materiaalien tai tuotteen valmistamisen hiilijalanjäljestä ja sen kuljetuksesta. Hiilijalanjälkeen vaikuttava asia voi olla materiaalin kierrätysmahdollisuus sen käyttöiän loppupäässä. Rakennusmateriaalien määrää arvioitaessa tiettyyn kohteeseen on hyvä ottaa huomioon rakentamisessa tuleva hukka tai ylijäämä. Kokemusperusteinen hukka tai ylijäämä rakentamisessa on lähes 5 prosenttia materiaalista riippumatta. (Ympäristöministeriö 2019 e.)

Korjausrakennushankkeen materiaalien hiilijalanjäljen määrittäystä tehdessä arviointia rajataan koskemaan vain niitä uusia rakenteita ja materiaaleja, joita rakennusvaiheessa uusitaan. Korjaushankkeessa ei saa laskea ja arvioida elinkaaren vaiheita takautuvasti

hiilijalanjälkeen. Jos toteutusvaiheessa käytetään uudelleen vanhoja rakennusosia, näiden tuotteiden valmistus tai uudelleenkäyttö voidaan jättää hiilijalanjäljen arvioinnin ulkopuolelle. Lisäksi hiilijalanjälkeä arvioitaessa hankevaiheessa taloteknisten järjestelmien suunnittelu voi olla niin pahasti kesken, että määrätiedot ovat puutteelliset. Talotekniikalle löytyy päästötietokannasta yleistetty laskentamalli suhteutettuna rakennettaviin neliöihin. (Ympäristöministeriö 2019 e.)

Rakennuksen hiilijalanjälkeä arvioitaessa on huomioitava vaihdettavien rakennustuotteiden määrä. Kaikki tuotteet, joissa tekninen käyttöikä on pienempi kuin rakennuksen määritetty tavoiteikä, täytyy jossain vaiheessa rakennuksen elinkaarta vaihtaa. Tämä lisää sen materiaalin hiilijalanjälkeä. Jos tämä on huomioitu hyvin korjausrakennuskohteessa, on mahdollista, että mitään uusittavista materiaaleista ei tarvitsisi vaihtaa enää rakennuksen loppu elinkaaren aikana. Rakennustuotteen suunniteltu käyttöikä pyöristetään aina kokonaisluvuun. Rakennustuotteita ja materiaaleja voidaan vaihtaa myös osittain. (Ympäristöministeriö 2019 e.)

Materiaalien ja tuotteiden hiilijalanjälkeä määritettäessä tulee huomioida loppusijoitus ja mahdollinen purku. Varsinkin korjausrakentamisessa kohde alkaa aina purkamalla vanhoja rakenteita pois. Erilaisille purettaville rakennuksille löytyy viitteelliset ohjeavot purkamisen hiilijalanjäljen määritykseen päästötietokannasta (Suomen Ympäristökeskus 2021.). Esimerkiksi toimistorakennuksen purkutöistä on laskettu käytettävä hiilidioksidiekvivalentin määrä suhteutettuna yhteen neliömetriin. Tämä ottaa huomioon elinkaaren loppuvaiheen tapahtumat, eli moduuli C:n tapahtumat. (Häkkinen 2020.)

### 3.6 Kuljetusten hiilijalanjälki

Rakentamiseen liittyy yhtenä osana logistiikka ja materiaalien kuljettaminen. Materiaalit ja raaka-aineet täytyy kuljettaa aina tehtaalta valmistukseen ja sieltä edelleen työmaalle. Lisäksi materiaalit kuljetetaan työmaalle. Kuljettamisista tulee hiilidioksidipäästöjä ja mitä kauempaa materiaalit tuodaan, sen suuremmat ovat tietenkin päästöt. Tuotteille ja materiaaleille arvioidaan kuljetusetäisyydet ja elinkaariarvioinnissa arvioidaan käytön aikana tehtävien korjausten kuljetusten etäisyydet. Myös rakennuksen elinkaaren lopulla tapahtuvat kuljetukset on arvioitava. Tällaisia ovat esimerkiksi rakenteiden purkamisista ja jätteistä kertyvät kuljetukset. Näiden avulla pystytään määrittelemään kuljetusten määrää rakentamisessa ja pystytään arvioimaan kuljetusten hiilijalanjälkeä. Näille on määritelty ohjeelliset taulukkoarvot, jotka löytyvät vähähiilisyden arviointimenetelmistä. (Ympäristöministeriö 2019 e.)

Rakentamisvaiheen kuljetuksissa on otettu huomioon kaikki rakennustuotteiden ja materiaalien kuljetukset työmaalle, sekä esimerkiksi maamassojen kuljetukset, välivarastoinnit ja mahdollisten komponenttien esivalmistuspaikat. Nämä kaikki ovat arvioinnissa mukana. Kuljetuksiin sisältyy myös rakennustyömaalla syntyvien rakennusjätteiden kuljetukset jätelaitoksiin. Rakentamisvaiheen arvioinnista jätetään kuitenkin huomioimatta mahdollisten rakennuskoneiden ja nostimien kuljetus työmaalle ja rakennustyöntekijöiden matkat työmaalle. Jokaiselle kuljetukselle voidaan laskea päästöt erikseen. Kuljetusmatkoihin voidaan laskea myös kuorman täyttöasteet mukaan, esimerkiksi auton täyttöaste on 80 prosenttia työmaalle tullessa ja nolla prosenttia työmaalta lähtiessä. Maamassojen osalta täyttöasteeksi lasketaan aina 100 prosenttia. Rakentamisvaiheessa syntyvien jätteiden hiilijalanjälki ja niiden kuljetuksesta syntyvä hiilijalanjälki lasketaan samalla tavalla kuin elinkaaren lopussa. (Ympäristöministeriö 2019 e.)

Korjausvaiheen rakennustuotteiden kuljetusten hiilijalanjälki lasketaan myös samalla tavalla kuin rakentamisvaiheessa. Samalla tavalla korjausvaiheessa syntyvien jätteiden hiilijalanjälki lasketaan yhteneväisesti elinkaaren lopun kanssa. Korjaushankkeen hiilijalanjälkeä laskettaessa on tärkeää arvioida vain ja ainoastaan hankkeesta johtuvia kuljetuksia sekä hankkeen jälkeisen elinkaaren kuljetuksia. Korjaushankkeen hiilijalanjälkilaskelmassa on tärkeää, että ei lasketa takautuvasti aiempien vaiheiden kuljetuksia mukaan hiilijalanjälkeen. (Ympäristöministeriö 2019 e.)

### 3.7 Työmaan hiilijalanjälki

Kun määritetään työmaan hiilijalanjälkeä, arviointiin voidaan käyttää Ympäristöministeriön taulukkoarvoja. Vaihtoehtoisesti kaikki voidaan laskea aina rakentamisesta ja korjauksesta purkamiseen asti. Työmaalla on erilaisia rakentamisvaiheessa käytettäviä energioita. Normaalisti työmaalla kuluu energiaa lämmittämiseen ja työmaalla kulutetaan sähköä ja vettä samaan tyyliin kuin valmiissakin rakennuksessa. Väliaikaisille työmaan tiloille ja työmaatoiminnoille lasketaan niiden aiheuttama hiilijalanjälki. Ohjeistuksena on, että jos työmaatilat tai aputoiminnot palvelevat muita rakennuksia ja työmaita, näiden toimintojen hiilijalanjälki jaetaan bruttopinta-alan suhteen. Korjaushankkeissa toimitaan samalla tavalla. Korjaushankkeen osalta lasketaan vain hankkeesta johtuva työmaan hiilijalanjälki. Useasti korjaushankkeessa pyritään käyttämään ja olemassa olevia tiloja työmaan toimitiloina. Näin ollen ei tarvitse laskea työmaatiloille ollenkaan hiilijalanjälkeä. Lisäksi myös korjauskohteessa on useasti energiankulutusta lämmityksen, sähkön ja veden osalta. Nämä eivät yleensä poikkea työmaa-aikaisesta käytöstä millään tavalla, joten nämä voidaan jättää laskematta työmaavaiheesta. Käytetyt energiat siis kuuluvat rakennuksen käyttövaiheeseen jo valmiiksi. Uuden rakennuksen rakentamisessa nämä tiedot ovat helposti saatavilla, mutta esimerkiksi

liikekiinteistössä kuluva lämpöenergiamäärä useasti kertoo koko liikekiinteistön lämmittämiseen kuluva energia. Tämäkin voidaan jakaa tietenkin bruttopinta-alan mukaisesti, jolloin saadaan laskenta-arvo muodostettua. (Ympäristöministeriö 2019 e.)

Uuden rakennuksen energiamäärät voidaan selvittää energiaselvityksen pohjalta. Vanhoissa rakennuksissa ei ole välttämättä saatavilla energiaselvitystä, joten se on tehtävä laskemalla kulutuksesta. Energian laskemiseen ei sisällytetä laitesähköä eikä sellaisia järjestelmiä, joita ei ole lueteltu energiatehokkuutta määrittelevissä asetuksissa. Energian päästöihin on olemassa vakioidut päästökertoimet. Kaukolämpöön on olemassa myös tuotajakohtaisia päästökertoimia. (Ympäristöministeriö 2019 e.)

## 4 Elinkaariarviointi ja ympäristöseloste

### 4.1 Elinkaariarviointi

Rakentamisen ja rakennusten hiilijalanjäljen laskeminen on osa rakennusten elinkaariarviointia. Rakentamisen elinkaaren arviointi on suurempi kokonaisuus kuin pelkän hiilijalanjäljen arviointi. Elinkaareen voidaan ottaa mittareita erilaisista haitallisista päästöistä ja siihen liittyy erilaisten prosessien myötä luonnonvarojen kulutusta. Näitä voidaan kuitenkin yhdistää kaikista tunnetuimman eli hiilijalanjäljen mittaamiseen. Näin ollen ei tarvitse olla kymmentä erilaista mittaria. Esimerkkejä toisenlaisista mittareista on vaikkapa otsonikatopotentiaali tai rehevöitymispotentiaali. Näillä voidaan mitata stratosfäärin otsonikerroksen tuhoutumista tai ravinteiden liikatarjontaa ekosysteemeissä. Tunnetuin mittari eli hiilijalanjälki kertoo ilmaston lämpenemispotentiaalista (GWP=Global Warming Potential). (Ympäristöministeriö 2019 d.)

Elinkaariarvioinnin yksi tärkeimmistä merkityksistä on kertoa eri elinkaaren vaiheiden ympäristövaikutuksista. Näin pystytään rajaamaan eri vaiheiden ympäristövaikutukset toisistaan. Esimerkiksi normaalin asuinkerrostalon hiilijalanjälki koostuu pääasiassa käytön aikaisista päästöistä. Näistä suurimmat ovat tietenkin lämpö ja muu käytettävä energia. Elinkaariarvioinnin pohjalta voidaan tehdä tietoon perustuvaa arviointia yksittäisen prosessin päästöistä ja sen suhteesta koko elinkaareen. Tällaisia optimointeja ovat esimerkiksi yksittäisen materiaalin vaikutus käytönaikaiseen energiankulutukseen tai vaikkapa kuinka suuri vaikutus on jollain tietyllä rakennusosalla koko kokonaisuuteen. (Ympäristöministeriö 2019 d.)

Elinkaariarviointi antaa hyvän yleiskäsityksen rakennusosien merkityksestä kokonaispäästöistä. Tämä auttaa eri rakennusosien huomioidussa, kun halutaan vähentää rakentamisen ympäristövaikutuksia. Eri rakennusosien vertailulla ja tutkimisella on päästöjen kannalta suuri merkitys, sen avulla nähdään eri rakennusosien ja materiaalien vaikutus rakennuksen päästöihin koko elinkaaren aikana. Materiaalivalinnoilla pystytään vaikuttamaan päästöihin, mutta on tärkeää huomata materiaalin ominaisuudet eri elinkaaren vaiheissa. Esimerkiksi vastakkainasettelu puun ja betonin välillä runkomateriaalina on hyvin yleinen. Puu on päästöiltään paljon pienempi, mutta betoni pystyy koko sen elinkaaren aikana lämmönsitovuu-  
dellaan kompensoimaan elinkaaren alkupään päästöjä huomattavasti. (Ympäristöministeriö 2019 d.)

Rakennuksen elinkaarta arvioidessa on oltava lähtötiedot kunnossa. Elinkaariarvioinnin määrittämiseen vaaditaan materiaalien määrät ja muut tiedot materiaaleista. Materiaaleista saadaan melko hyvin käyttöiät selville, mutta ympäristöministeriö on määritellyt eri tuotteille niiden eri käyttöiät. Rakennuksesta täytyy olla tiedossa pinta-alat ja tilavuudet sekä käyttövaiheen energian tarpeet. Arviointia tehdessä hyödynnetään materiaalien ja tuotteiden ympäristöselosteita, sillä niiden avulla on helppo määrittää tuotteen hiilijalanjälki. Ympäristöselosteiden lisäksi tarvitaan jonkinlainen laskentatyökalu, jolla määrittäminen pystytään tekemään. Erilaisten laskentatyökalujen lisäksi on yleistyökaluja, joilla pystytään määrittämään eri tuotteen tai eri materiaalin hiilijalanjälki. Ne pohjautuvat yleismaailmallisiin standardeihin. Ympäristöministeriö on tehnyt Suomeen soveltuvan laskentatyökalun, joka on tällä hetkellä pilotointivaiheessa. Tätä laskentatyökalua on hyödynnetty tässä työssä. Se pohjautuu yleiseurooppalaisiin standardeihin, mutta on soveltuvin osin muokattu Suomen olosuhteisiin. Työkalun lisäksi on arviointiin tehtävä rajaukset. Rajausten tarkoitus on rajata vähäpätöisimmät ja pienimmät asiat pois ja tehdä laskennasta mahdollisimman todenmukainen välitömiä päästöjen suhteen. Hiilijalanjäljen määrittämisen ja sen todenmukaisuuden kannalta on tärkeää, että rajaukset on tehty oikein. (Ympäristöministeriö 2019 d.)

#### 4.2 Rakennustuotteiden käyttöikä ja määrät

Elinkaariarviointia tehdessä on huomioitava kaikkien käytettävien materiaalien määrät. Arvioinnin tarkkuus riippuu myös hankkeen vaiheesta, jossa arviointia tehdään. Hankkeen aikaisessa vaiheessa tapahtuvaa arviointia voidaan tehdä suoraan taulukkoarvoilla ja yleistyksillä. Kun suunnitelmat tarkentuvat, voidaan lisätä tietoa esimerkiksi päämateriaaleista. Materiaalit ja määrät voidaan käytännössä laskea vaikka yhden ruuvin tarkkuudella, mutta se ei ole järkevää. Sen takia arviointiin yleensä tehdään rajauksia. Materiaalien tietojen kerääminen on yleensä arvioinnin haastavin vaihe. Määrät ja materiaalit ovat tärkeitä arvioinnin kannalta, ja nämä on laskettava hankkeen suunnitelmista. Kun materiaalien määrät on saatu selville, kaikki käytettävissä oleva materiaali on muutettava painokiloiksi. Kun tiedetään materiaalien painot, voidaan materiaalien muunnokset tehdä. Koska hiilidioksidiekvivalentti määritellään painokiloa kohti, muunnosten tekeminen on helpompaa, kun määrä on painokiloina. Kaikille materiaaleille on olemassa ympäristöön vaikuttavat kertoimet eli GWP. Ympäristökertoimet löytyvät materiaalien ympäristöselosteista tai yhteisistä tietokannoista. Tällainen tietokanta on luotu myös Suomeen ja sitä kehitetään jatkuvasti. (Ympäristöministeriö 2019 d.)

Materiaaleja valittaessa on ajateltava niiden koko käyttöikä ja materiaalien vaihtoväliä. Eri-tyisesti pintamateriaalien täytyisi olla kestäviä, jos halutaan pienentää päästöjä. Vaikka itse materiaalin tuottaminen ei saastuttaisikaan kovinkaan paljon, mutta jos materiaali on

vaihdettava kymmenen vuoden välein, siitä tulee hyvinkin saastuttava koko rakennuksen elinkaaren aikana. Ympäristöselosteesta tai materiaalin huolto-ohjeista löytyy tarvittava tieto materiaalin vaihtovälistä. Vaihtoväli pyöristetään aina lähimpään tasalukemaan vuosien määrään suhteutettuna. (Ympäristöministeriö 2019 d.)

### 4.3 Ympäristöseloste

Ympäristöselosteen voi laatia kuka tahansa omalle tuotteelleen ja selosteessa voi esittää haluamiaan ympäristöön liittyviä lukuja. Suomessa on kuitenkin rakennustietosäätiö, joka verifioi rakentamisen materiaalien ympäristöselosteita. Ympäristöselosteessa esitetään luotettavasti rakennustuotteiden eri ympäristövaikutukset. Ympäristövaikutusten laskenta suoritetaan elinkaarianalyysillä materiaalin tai tuotteen koko elinkaaren ajalta. Ympäristöselosteiden rooli rakentamisessa on tuoda rakennustuotteiden ja materiaalien päästöt helpommin kaikkien rakennusalalla toimivien saataville. Rakennustietosäätiön ympäristöselosteet ovat vapaaehtoisia ja puolueettomia ja tiedot esitetään eurooppalaisen EN-15804 standardin mukaisesti. Kun käytetään yleiseurooppalaisia standardeja, varmistetaan selosteiden tietojen vertailukelpoisuus. Kun tiedot ovat helposti vertailukelpoisia, tällöin on helpompi tehdä rakennusosien hiilijalanjälkilaskelmaa. (Rakennustieto RTS n.d. a; Rakennustieto RTS n.d. b.)

Ympäristöselosteen standardin mukaisia kriteerejä, joita ympäristöselosteessa kuvataan, on esimerkiksi ilmastonvaikutus eli hiilijalanjälki, otsonia tuhoavat aineet tai rehevöitymistä vesistöissä aiheuttavat päästöt. Näihin kaikkiin on ympäristöselosteessa saatavilla laskennalliset lukemat, joita voidaan hyödyntää hiilijalanjälkilaskennassa ja elinaariarvioinnissa. On kuitenkin tärkeää, että kyseiset lukemat ja laskenta-arvot on kolmannen osapuolen tarkastamia eli verifioituja. Näin pystytään varmistamaan, että lukemat ovat paikkaansa pitäviä, eikä niitä ole esimerkiksi kaunisteltu näyttämään paremmilta kuin mitä ne ovat. Verifioinnit tapahtuvat yleiseurooppalaisten standardien mukaan Euroopassa ja verifioijalla pitää olla standardin mukainen sertifiointi. Tämä on osa ympäristöselosteen laadunvarmistusta. Suomessa RTS EPD-verifioinnin statusta haetaan Rakennustietosäätiöltä. (Rakennustieto RTS n.d. a; Rakennustieto RTS n.d. b.)

Monet Suomeen tulevista rakennusmateriaaleista on valmistettu Euroopassa. Näiden ympäristöselosteet menevät yleensä paikallisten verifioijien toimesta, mutta ne pohjautuvat samoihin standardeihin ja ovat sen takia vertailukelpoisia. Ympäristöselosteet ovat usein löydettävissä materiaalitoimittajien www-sivustoilta. Ympäristöselosteessa voi olla tarkasteltu myös useita tuotteita ja materiaaleja kerralla. Jos esimerkiksi tuottaja tekee samasta materiaalista valmistettuja alakattolevyjä mutta niitä on saatavilla eri paksuisina, tuotteen

ympäristöseloste on tehty jollekin vakiokoolle, mutta skaalattu siitä myös muille vastaaville paksuuksille. (epd-norge.no 2017.)

### LCA: Results

Life Cycle Impact Assessment results represent the environmental impacts for the life cycle of Parafon Acoustic Board from cradle to gate - with options. The results refer to the variant Parafon Clinic Edge E with 100 kg/m<sup>3</sup>, 15 mm of thickness, grammage of glass fibre facing: 0.267 g/m<sup>2</sup> which was chosen as representative product following a worst case approach.

System boundaries (X=included, MND= module not declared, MNR=module not relevant)

Product stage			Assembly stage		Use stage								End of life stage			Beyond the system boundaries
Raw materials	Transport	Manufacturing	Transport	Assembly	Use	Maintenance	Repair	Replacement	Refurbishment	Operational energy use	Operational water use	De-construction demolition	Transport	Waste processing	Disposal	Reuse-Recovery-Recycling-potential
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
X	X	X	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MNR	MNR	MND	MND	MND	X	MND

### Environmental impact

Parameter	Unit	A1-A3	C4
GWP	kg CO <sub>2</sub> -eqv	3.09*	2.93E-02
ODP	kg CFC11-eqv	1.60E-09	3.25E-13
POCP	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -eqv	9.72E-03	1.75E-04
AP	kg SO <sub>2</sub> -eqv	1.43E-03	2.39E-05
EP	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -eqv	6.34E-04	1.69E-05
ADPM	kg Sb-eqv	2.65E-05	1.01E-08
ADPE	MJ	3.18E+01	3.80E-01

\*including 0.127 kg CO<sub>2</sub>-eq uptake of biogenic carbon dioxide included in product (0.008) and packaging (0.158)

GWP Global warming potential; ODP Depletion potential of the stratospheric ozone layer; POCP Formation potential of tropospheric photochemical oxidants; AP Acidification potential of land and water; EP Eutrophication potential; ADPM Abiotic depletion potential for non fossil resources; ADPE Abiotic depletion potential for fossil resources.

Kuvio 3. Esimerkki elinkaarilaskennan tuloksista esitettynä ympäristöselosteessa. Materiaali on alakattolevy Parafon Classic. (epd-norge.no 2017.)

## 4.4 Hiilikädenjälki

Hiilikädenjäljellä tarkoitetaan ilmastohyötyjä, joita rakennuksen koko elinkaaren aikana voidaan mahdollisesti saavuttaa. Ilmastohyötyjä syntyy esimerkiksi rakennusosien ja materiaalien kierrättämisestä ja uudelleenkäytöstä. Jos esimerkiksi rakennuksen teräsosat pystytään rakennuksen elinkaaren loppupäässä kierrättämään niin, että teräsosat voidaan sulattaa ja käyttää uudelleen, hiilikädenjälkeä syntyy. Myös esimerkiksi rakennuksessa tai sen tontilla tuotettu uusiutuva energia tuo hiilikädenjälkeä varsinkin, jos sitä syntyy yli rakennuksen oman tarpeen. Tällaisia esimerkkejä on vaikkapa aurinkopaneelijärjestelmät, joilla kerätään auringon valoa ja tuotetaan sähköä rakennukseen. Kun aurinkokennot keräävät riittävästi varastoon auringonvalolla tuotettua sähköä, sitä voidaan "myydä" eteenpäin kaupallisille sähköntuottajille. Näin ollen saadaan omaan laskentaan hiilikädenjälkeä, koska on tuotettu uusiutuvaa energiaa jonnekin, jossa olisi voitu tuottaa fossiililla menetelmällä energia. (Ympäristöministeriö 2019 e.)



Lisäksi joihinkin rakennusmateriaaleihin on varastoitunut eloperäistä hiiltä. Esimerkkinä voidaan käyttää puuta. Puu sitoo hiiltä ja se on puun tärkeimpiä ilmastovaikutteisia ominaisuuksia. Hiilen sidonta tapahtuu yhteyttämisreaktiossa ja yhteyttäminen vähentää kasvihuonekaasuja (UPM 2021.). Tämän takia puuta suositaan yhä enenevässä määrin rakennusmateriaalina. On myös muita rakennusmateriaaleja, joihin materiaalin elinkaaren aikana sitoutuu ilmakehästä hiilidioksidia. Tällainen on esimerkiksi betoni. Tätä reaktiota kutsutaan betonissa karbonatisoitumiseksi. Reaktiossa hiili sitoutuu betoniin pysyvästi (Rudus 2021.). Vaikka hiilikädenjälkeä syntyy tietyissä materiaaleissa ja energiamuodoissa, hiilikädenjälkeä ei kuitenkaan vähennetä muodostuneesta hiilijalanjäljestä laskennoista. Hiilikädenjälki ei siis vie laskennassa kohti hiilineutraalisuutta. (Ympäristöministeriö 2019 e.)

#### 4.5 Laskennassa käytettävien tietojen laatu

Elinkaariarviointia tai hiilijalanjälkilaskelmaa tehdessä on arvioitava ja tuotava esiin laskennassa käytettävien tietojen laatu. Tietojen laadulla tarkoitetaan laskennassa käytettävien määrien ja arvojen laatua. Laadun raportoinnista on hyvä tehdä oma analyysinsä ja laadulliset vähimmäisvaatimukset pohjautuvat Euroopan komission määrittämään järjestelmään Suomessa. Tietojen laatua arvioidaan asteikolla 0–3. Pääasiassa elinkaaren vaiheissa A1-B6 tietojen on oltava luokassa 2, jolloin tiedon on vastattava osittain tuotteen teknisiä ominaisuuksia. Epävarmuustekijänä kelpaa myös tieto, joka on mallinnettua ja arvioitu tyydyttävän paikkansapitäväksi ja täsmälliseksi. (Ympäristöministeriö 2019 e.)

Kun rajaukset on tehty menetelmäohjeiden mukaisesti ja laskennassa on käytetty kansallista päästötietokantaa tai esimerkiksi ympäristöselosteita, jotka on verifioitu, laskentaa voidaan pitää tarpeeksi luotettavana ja tulokset ovat silloin kelvollisia. Tietojen laadussa korostuu lähteiden ja tietojen oikeellisuus. Kaikkiin laskentoihin ja tuloksiin on suhtauduttava kriittisesti ja laskennan tulokset on oltava selvitettävissä jälkikäteen. Näin voidaan varmistaa, että laskennasta saadut tulokset eivät anna mistään tietystä laskentavaiheesta liian hyvää kuvaa tai laskenta ei esitä mitään tiettyä elinkaaren vaihetta liian epäedullisena. (Ympäristöministeriö 2019 e.)

## 5 Kehittämistutkimuksen toteutus

### 5.1 Kehittämistutkimuksen tavoitteet

Kehittämistutkimuksen tarkoituksena oli tutkia esimerkkityömaan kautta, kuinka hyvin Ympäristöministeriön luoma rakentamisen hiilijalanjäljen arviointityökalu soveltuu korjausrakennuskohteeseen. Alustavasti arviointityökalu on tulossa vain uusissa rakennushankkeissa pakolliseksi, mutta sitä voi käyttää myös korjausrakennuskohteissa. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on löytää vastauksia alla oleviin tutkimuskysymyksiin:

- Kuinka hyvin rakentamisen aikaisen hiilijalanjäljen arviointi sopii korjausrakennuskohteeseen?
- Miten ennen rakentamista laskettu hiilijalanjälkilaskelma eroaa toteutumasta?
- Pystytäänkö arviointia parantamaan vastaamaan todellista toteutumaa?

Tutkimuksen aineisto on todellisuudessa toteutetusta työmaasta, joten sen avulla voidaan havaita sellaista tietoa, mitä ei teoreettisessa tilanteessa pystytä todentamaan. Tutkimusta on lähdetty suorittamaan urakkakilpailutusvaiheessa toteutetun määrälaskennan pohjalta. Tutkimuksen tavoitteena on tuottaa informaatiota laskennan todenmukaisuudesta ja pohdita, pystytäänkö esimerkiksi materiaalivalinnoilla ohjaamaan korjausrakennuskohteen toteutusta vähäpäästäisempään suuntaan. Tutkimuksen pohdinnoissa kyseenalaistetaan laskentaa ja pyritään hakemaan vastausta laskennan todenmukaisuudesta ja paikkansapitävyydestä.

### 5.2 Tutkimuksen lähtötiedot

Tutkimusta lähdettiin suorittamaan urakkakilpailutusvaiheen määrälaskennan avulla. Urakkakilpailutusvaiheessa saatujen kuvien perusteella pääurakoitsija lähtee suorittamaan määrälaskentaa, jonka avulla pääurakoitsija muodostaa kilpailukykyisen hinnan rakennusurakan toteuttamisesta. Laskentavaiheessa on suoritettu kaikkien urakkaan kuuluvien rakennusosien ja materiaalien määrälaskenta. Tämä laskentatieto on jokaisen urakoitsijan itse suorittama ja se pyritään tekemään mahdollisimman tarkasti siksi, että pystyttäisiin löytämään mahdollisimman tarkat ja kilpailukykyiset hinnat. Osa laskennoista voidaan tehdä jopa ruuvien ja naulojen tarkkuudella, joten laskennat voivat olla hyvinkin tarkkoja. Niin kauan kuin ihminen suorittaa laskentaa, niissä voi tapahtua virheitä. Laskennan virheet tietenkin heikentävät laskennan luotettavuutta. Yleensä määrälaskenta tarkastetaan useiden eri ihmisten toimesta, jolloin pyritään minimoimaan virhettä.

Myös hiilijalanjälkeä laskettaessa aloitetaan kohteen määrätiedoista eli määrälaskennasta. Kun määrät ovat tiedossa, voidaan lähteä laskemaan hankkeen rakentamisen aikaista hiilijalanjälkeä määrätietojen pohjalta. On siis tärkeää, että määrätiedot eri rakennusosien ja materiaalien osalta on helposti saatavilla. Hiilijalanjäljen laskemiseen tarvittava tieto on materiaalien, esineiden ja rakennusosien paino. Useimmiten määrälaskennassa käytetään määränä neliöitä, kappaleita tai kuutioita. Kun esimerkiksi materiaalien neliömäärä tiedetään, pystytään selvittämään niiden paino. Nämä tiedot ovat saataville rakennusmateriaalien internet-sivustoilta, erilaisista rakennustarvikeluetteloista tai vaikkapa rautakaupan internet-sivustolta. Kaikki tässä hankkeessa käytettyjen materiaalien painot on etsitty kyseisistä lähteistä. Esimerkkinä toimii vaikkapa kipsilevy GEK. Tähän löytyvä tieto on saatavissa kipsilevyvalmistajan internet-sivustolta, josta on löydettävissä tieto, että GEK erikoiskova kipsilevy painaa n.9,9 kg/m<sup>2</sup> (Gyproc 2021.).

Kaikkien materiaalien osalta ei lasketa suoraa massaa tai painokiloja. Tällaisia poikkeuksia ovat esimerkiksi ikkunat ja ovet, joiden osalta lasketaan niiden pinta-alaa. Pinta-alalle on määriteltynä oma hiilidioksidiekvivalenttinsa, jolloin pystytään katsomaan esimerkiksi ikkunaa sen pelkän pinta-alan avulla, eikä sen painon mukaan. Ikkunoille ja oville on myös määritetty paino-arvot esimerkiksi CO<sub>2</sub>data-sivustolla, mutta Ympäristöministeriön arviointityökalussa on annettuna laskentasuureksi pinta-ala (Suomen Ympäristökeskus 2021.).

Ympäristöministeriön arviointityökalun materiaalien päästötiedot ja lähtöarvot perustuvat VTT:n 2018 määrittämiin ja eri lähteistä kokoamiin tuloksiin. Arvot on koottu niin, että ne kattavat tietyn materiaalin elinkaaren vaiheet moduuleissa A1-A5 (Ympäristöministeriö 2019 g). Näitä taulukkoarvoja voidaan käyttää arviointityökalussa hyväksi. Muuten päästöarvot on määritettävä jollain muulla keinoin. Päästöarvoihin on kehitetty Suomessa datapankki. CO<sub>2</sub>data-sivustolta on saatavissa vuonna 2021 Suomen Ympäristökeskuksen määrittelemiä arvoja eri rakennusmateriaalien päästölaskentaan. Sieltä löytyvät arvot soveltuvat rakennusluvan hakemiseen. (Suomen Ympäristökeskus 2021.)

Kaikki rakentamisen päästötietokannassa olevat rakennusmateriaalit ja tuotteet on määritetty tutkijoiden toimesta ja jokaisesta materiaalista on löydettävissä materiaalin päästötietojen taustaraportti, jossa käydään läpi päästötiedon taustoja ja sitä mihin laskenta ja määrittäminen perustuu. Näin pyritään lisäämään tietojen luotettavuutta. Raportissa käydään läpi esimerkiksi pohjoismaisten yritysten ja materiaalityöntekijöiden markkina-osuuksia, jolloin pystytään keskittymään suurten toimittajien päästötietoihin ja painottamaan materiaalin päästölaskennassa isojen toimittajien ympäristöselosteita. Päästötietokannan kaikki arvot on

määritetty siksi, että niillä on tarkoitus hakea rakennuslupaa. (Suomen Ympäristökeskus 2021.)

Door, indoor flush door	1.6 kg CO <sub>2</sub> e /kg
Laakaovi	KONSERVATIIVINEN ARVO RAKENTAMISLUVAN HAKEMISEEN, GWP (A1-A3)
Innerdörr	

LISÄÄ LUETTELOON

### Ympäristöindikaattorit

TYYPILLINEN ARVO, GWP (A1-A3) Ei käytetä rakentamislupaa haettaessa	1.4 kg CO <sub>2</sub> e /kg
KONSERVATIIVISEN ARVON KERROIN	1.2
HIILIKÄDENJÄLKI	D1 Re-use and material recycling D2 Energy recovery D4 Carbon storage effect D5 Carbonation -1.5 kg CO <sub>2</sub> e /kg
HUKKAKERROIN Hukka rakennustyömaalla	1.03
UUSIUTUVIEN MATERIAALIEN OSUUS (%)	70 %
KIERRÄTYSMATERIAALIEN OSUUS (%)	6 %
HAITALLISTEN AINEIDEN OSUUS (%), (SVHC)	<0.1 %
ELINKAAREN JÄLKEINEN SKENAARIO (%)	Reuse 0 % Recycled as secondary rawmaterial 5 % Energy recovery 95 % Final disposal 0 % Hazardous waste to be removed from use 0 %
MUUNNOSKERROIN	Weight, kg/unit <sup>2</sup> 26

Kuvio 4. Esimerkki rakentamisen päästötietokannan materiaalitiedoista. Laakaoven tiedot, joita voidaan käyttää rakentamisluvan hakemisessa. (Suomen Ympäristökeskus 2021.)

Jos tuotteelle tai materiaalille ei ole saatavilla rakentamisen päästötietokannasta suoraa laskenta-arvoa tai sitä ei myöskään löydy valmiina hiilijalanjäljen arviointityökalusta, sellainen on etsittävä materiaalitietoimittajalta. Yleisesti materiaalitietoimittajilta löytyy tuotteiden ympäristöselosteet. Ympäristöselosteista löytyy samanlainen laskenta-arvo hiilijalanjäljelle kuin esimerkiksi päästötietokannasta. Tätä arvoa voidaan käyttää hiilijalanjälkilaskennassa.

### 5.3 Hiilijalanjälkilaskennan toteutus

Suomessa eri yrityksen ja materiaalintoimittajat ovat voineet tehdä laskelmia omista ympäristöpäästöistään näiden avulla. Nyt Suomessa on tulossa rakennusalalle pakolliseksi rakennuslupaa haettaessa rakennushankkeen hiilijalanjälkilaskelma. Tähän Ympäristöministeriö on luonut ilmaisen laskentamenetelmän, jota voidaan käyttää ilman kaupallisia lisenssejä. Tässä tutkimuksessa on käytetty Ympäristöministeriön arviointityökalua määrittämään hankkeen hiilijalanjälkeä. (Green Building Council Finland 2021.)

Hiilijalanjälkilaskentaa aloittaessa lähtötiedot on jo määritetty. Aikaisemmassa luvussa 5.2 on käyty läpi määrätiedot ja eri materiaalien päästötiedot. Näitä tietoja ja arvoja apuna käyttäen lähdetään tekemään hiilijalanjälkilaskentaa. Kun laskentaa lähdetään suorittamaan arviointityökalulla, tehdään arviointi ohjeistuksen mukaisesti. Ohjeita arviointityökalun käyttöön löytyy Ympäristöministeriön julkaisusta Rakennuksen vähähiilisuuden arviointimenetelmä. Julkaisussa on määritetty mitä asioita on otettava huomioon, kun arviointia tehdään. (Ympäristöministeriö 2019 e.)

Ensimmäisenä tarkastellaan lähtötietoja ja mitä tietoja lähtötiedoista käytetään. Koska tässä hankkeessa on kyse korjausrakentamisesta, sovelletaan korjausrakentamisen ohjeita ja tässä tutkimuksessa on tarkoitus tarkastella vain pääasiassa rakentamisen aikaista hiilijalanjälkeä. Näin ollen elinkaaren vaiheet, joita tässä hankkeessa tarkastellaan, käsittelee elinkaaren moduuleita A1-A5 pääasiassa. Näihin moduuleihin riittävä tieto on hankekohtaiset tiedot tai taulukkoarvot. Jokainen moduulin A1-A5 otetaan huomioon ja arvioidaan.

Kun hankkeen lähtötiedot on käyty läpi ja täytetty, ruvetaan täyttämään arviointityökalun materiaaliluettelo. Materiaaliluetteloon tulee täyttää kaikkien niiden materiaalien tiedot, joiden on todettu aiheuttavan hiilidioksidipäästöjä ja niiden laskeminen on kohteen hiilijalanjäljen määrittämisen kannalta olennaista. Tällaisia tietoja ovat esimerkiksi väliseinät, lattiamateriaalit ja alakattomateriaalit. Joitain materiaaleja rajataan laskennan ulkopuolelle. Tällaisia materiaaleja katsotaan laskennan osalta merkityksettömiksi. Tällaisia materiaaleja on ohjeistuksen mukaisesti esimerkiksi listoitukset, erilaiset kalusteet ja varusteet. Nämä on jätetty kokonaan laskennan ulkopuolelle jo lähtötietojen määrittämisvaiheessa. Lähtötiedoissa on määritetty käytetyt materiaalit. Jokaisen materiaalin osalta on arvioitu ja käyty läpi, kuuluuko se ottaa laskennassa huomioon. (Ympäristöministeriö 2019 e.)

Taulukko 1. Arvioitavat rakennusosat.

	Sisältyy arviointiin	Ei sisälly arviointiin
<b>Tontti</b>	+ Maaosat + Tuennat ja vahvistukset + Päälysteet + Alueen rakenteet	- Alueen varusteet - Kasvillisuus - Kasvillisuuden, maaperän tai vesistöjen muutoksista aiheutuvat ilmastovaikutukset
<b>Kantavat rakenteet</b>	+ Perustukset + Alapohjat + Runko + Julkisivut, ovet ja ikkunat + Ulkotasot + Kattorakenteet	- Tuotteisiin kuulumattomat erilliset naulat, ruuvit, liimat, tiivisteet, saumaukset ja muut kiinnikkeet
<b>Täydentävät rakenteet</b>	+ Väliseinät ja ovet + Portaat + Pintarakenteet + Tyypilliset kiintokalusteet + Hormit ja tulisijat + Tilaelementit	- Pintamateriaalit ja listat - Pintakäsittelyt ja maalaukset - Tuotteisiin kuulumattomat erilliset naulat, ruuvit, liimat, tiivisteet, saumaukset ja muut kiinnikkeet
<b>Talotekniikka</b>	+ Lämmitysjärjestelmät + Vesi- ja viemärijärjestelmät + Ilmastointijärjestelmät + Jäähdytysjärjestelmät + Sprinklerit + Sähköjärjestelmät + Hissit	- Tietotekniset järjestelmät - Taloautomaatio - Varavirtajärjestelmät - Liukuportaat - Erilliset koneet ja laitteet
<b>Työmaa</b>	+ Työmaalla kulutettu energia	- Telineet, suojaukset - Väliaikaiset rakenteet, muotit ja tekniset laitteet - Työmaatilojen elinkaari - Työmaan henkilöliikenne

Taulukko 1. Hiilijalanjäljen arvioinnissa arvioitavat rakennusosat. (Ympäristöministeriö 2019 e, 18)

### 5.3.1 Materiaaliluettelo

Materiaaliluetteloon täytetään kaikki rakennusvaiheessa käytettävät materiaalit ja niiden tiedot, jotka laskennassa on otettava huomioon. Materiaalit täytetään luetteloon rakennusosittain. Tällaisia rakennusosia on esimerkiksi kantavat rakenteet, kevyet rakenteet ja talotekniikka. Näin pystytään erittelemään tietoa eri rakennusosan osalta ja tiedetään kuinka paljon yksittäinen rakennusosa aiheuttaa hankkeessa päästöjä.

Koska kyseinen hanke on korjausrakennuskohde, korjausrakennuskohteissa ei yleensä vaihdeta kantavia rakennuksen runko-osia tai tehdä maatöitä. Varsinkin kun kyseessä on pääasiassa tilamuutos, ei rakennuksen vaippaan välttämättä kosketa lainkaan. Lähes kaikki esimerkkikohteen laskentatiedot ovat kevyitä rakenteita sekä talotekniikkaa. Laskentaa helpottaakseni olen vienyt teräksiset väliseinärangan osat kantaviin rakenteisiin, eli ne ovat

erillisissä osissa. Lisäksi korjausrakentamisesta koituvat purkutyöt on viety rakennuksen vaipanosaan. Muuten kaikki on kevyitä rakenteita ja talotekniikkaa. Kaikki arviointityökalun valmiiksi annetut tiedot eivät vastaa nimellisesti oikeaa, eikä niitä myöskään pysty muokkaamaan. Siksi joidenkin rakennusosien materiaalinimikkeet ovat vääriä. Tämä on mielestäni yksi laskentataulukon kehittämiskohta. Materiaalien litteroinnit on kuitenkin pidetty talo-2000 ohjeistuksen mukaisena.

Korjausrakentamisessa hiilijalanjälkeä arvioitaessa on erittäin tärkeää, että määrälaskenta ja materiaaliluettelo käsittää vain kyseisessä hankkeessa tehtäviä muutoksia. Laskentaan ei oteta mukaan kuluneen elinkaaren vaiheita. Materiaaliluettelossa on esitettyä littera (talo-2000 mukaisesti), rakennusosa, materiaalin tyyppi, materiaali, määrä, yksikkö, hiilijalanjälki, hiilikädenjälki, vaihtoväli, vaihdot ja vaihdoista aiheutuva hiilijalanjälki. Rakennusosaan on kirjoitettuna joko materiaali tai mihin rakennusosaan materiaali kuuluu. Kun materiaalit ja määrät on täytetty, laskentatyökalu osaa laskea materiaalin hiilijalanjäljen ja hiilikädenjäljen, sekä antaa materiaaliin perustuen sille myös vaihtovälin rakennuksen aikana. Tämä saattaa lisätä joidenkin materiaalien hiilijalanjälkeä, jos materiaalia joudutaan vaihtamaan rakennuksen elinkaaren aikana. Jos taulukkoarvoja ei ole jollekin materiaalille suoraan saatavilla, niitä voi korvata muilla arvoilla. Näitä arvoja saa esimerkiksi ympäristöselosteista tai rakentamisen päästötietopankista.

#### Materiaaliluettelo

Syötetyn rakennuksen materiaalitiedot alla olevaan listaan esim. maaraalueteloon perustuen. Hiilijalanjäljen ja -kädenjäljen päästöt muodostuvat automaattisesti, kun määrät on syötetty. Lisää tarvittaessa rivejä kunkin otsakkeen alle 'Lisää rivi!' -napilla. Jos tarkempi päästötieto jollekin tuotteelle tai materiaalille on olemassa, voit syöttää sen painamalla 'Korvaa taulukkoarvoja tarkemmilla tiedoilla' -napilla.

Korvaa taulukkoarvoja  
tarkemmilla tiedoilla



Littera	Rakennusosa	Materiaalin tyyppi	Materiaali	Määrä	yks	kgCO <sub>2</sub> e Hiilijalanjälki	kgCO <sub>2</sub> e Hiilikädenjälki	a	kpl	kgCO <sub>2</sub> e
Kevyet rakenteet (1.3 Tiia-osat)										
1311	väliseinä, gyproc GN13	LEVYT	kipsilevy	11 088	kg	4 646		50		
1311		LÄMMÖNERISTEET	Eriste, vuorivilla	757	kg	777				
1311	väliseinä	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	345	kg	32	-535			
1311	Väliseinä	MAALIT JA TASOITTEET	Maali, sisä, vesiohenteinen		kg			20	2	
1311	väliseinä, gyproc GEK13	LEVYT	kipsilevy	12 256	kg	5 136		50		
1311	väliseinä, havuvaneri 12mm	LEVYT	vaneri	409	kg	116	-671	50		
1315	puuväliovet	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	Ovi, sisä	78	m <sup>2</sup>	2 716		50		
1242	sisälasipielet/ikkunat	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	ikkunat, puuikkunat, sisälasit	6	m <sup>2</sup>	480		50		
1316	sisäteräsovet	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	Ovi, ulko metalli	21	m <sup>2</sup>	422		50		
1321	lattian tasoitus	LATTIAPÄÄLLYSTEET JA BETONIT	Lattibetoni	4 110	kg	637				
1321	vinyyliinankku	LATTIAPÄÄLLYSTEET JA BETONIT	muovimatto	2 365	kg	3 301		30	1	3 301
1325	vedeneristys wc+suihku	KOSTEUSERISTE	Kosteussulku	70	kg	210				
1325	seinien 2xmaalaus	MAALIT JA TASOITTEET	Maali, sisä, vesiohenteinen	1 677	kg	2 750		20	2	5 501
1325	seinien tasoitus	MAALIT JA TASOITTEET	Tasoite, sementtipohj.	494	kg	92		30	1	92
1315	suihkun seinämät	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	Muoviseinä (polykarbonaattisuihkuseinä)	60	kg	250		25	1	250
1315	liuku-ovet	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	Ovi, sisä	19	m <sup>2</sup>	662		50		
1321	muovimatto	LATTIAPÄÄLLYSTEET JA BETONIT	muovimatto	263	kg	367		30	1	367
1321	laatoitus seinä	LATTIAPÄÄLLYSTEET JA BETONIT	Lattibetoni	644	kg	496				
1321	laatoitus lattia	LATTIAPÄÄLLYSTEET JA BETONIT	Lattibetoni	900	kg	594				
1321	tekstiilipalalaatta	LATTIAPÄÄLLYSTEET JA BETONIT	muovimatto	3 664	kg	23 816		30	1	23 816
1331	Kiintokalusteet/keittiökaluasteet	LEVYT	lastulevy	870	kg	1 392	1 305	50		
1323	Villa-alakatto 40mm	LEVYT	kovalevy	5 429	kg	13 573		50		
1323	Villa-alakatto Parafon 15mm	LEVYT	kovalevy	55	kg	171		50		
1323	Hallitex-levytys	LEVYT	kovalevy	46	kg	17		50		

Yhteenveto | Materiaaliluettelo | Valmistus, kuljetus, työmaa (A) | Käyttö (B) | Elinkaaren loppu (C+D) | Tietojen Laatu

Kuvio 5. Arviointityökalun materiaaliluettelo täytettynä korjaushankkeen tiedoilla. Tiedot kevyistä rakenteista. (Ympäristöministeriö 2019 g.)

#### 5.4 Käytettyjen arvojen taustaa

Hiilijalanjälkeä määritettäessä on avattava määritettyjen arvojen taustaa. Materiaaliluettelossa käytetyt arvot on pääasiassa otettu valmiista taulukkoarvoista, jotka ovat saatavilla joko rakentamisen päästötietokannasta tai VTT:n määrittelemiä taulukkoarvoja. Teräsrankalle löytyy VTT:n taulukkoarvo suoraan laskentatyökalusta, joka on 2,79 kgCO<sub>2</sub>e/kg. Suure tarkoittaa kuinka monta kilogrammaa hiilidioksidia kyseinen materiaali tai tuote tuottaa yhtä painokiloa kohti. Yhteensä teräsrankaa on laskettu määrälaskennan määrien mukaisesti 630 kg eli näin ollen hiilijalanjälkeä se tuottaa tähän kyseiseen hankkeeseen yhteensä 1756 kgCO<sub>2</sub>e/kg. Lisäksi taulukkotiedoissa on todettu jo valmiiksi, että sitä ei tarvitse vaihtaa elinkaarensa aikana. Näin ollen koko hankkeessa sen tuottama hiilidioksidimäärä on 1756 kgCO<sub>2</sub>e/kg.

Purkutöille ei löydy valmista taulukkoarvoa suoraan laskentatyökalusta, mutta rakentamisen päästötietokannasta löytyy. Rakentamisen päästötietokannasta löytyy erilaisten rakennusten purkamisille taulukkoarvot, joita voidaan käyttää rakennusluvan hakemisessa. Purkamisessa laskenta määräytyy purettavien neliöiden mukaisesti. Koska kyseinen kohde on liike- ja toimistorakennus, rakentamisluvan hakemiseen käytettävä arvo on 14 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>. Koska neliöt ovat saatavilla laskentatiedoista, voidaan laskea että 1370 m<sup>2</sup> kerrottuna 14 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>=19 180 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>, joka on koko purettavan määrän laskennallinen hiilijalanjälki. Käytettävä arvo kuvaa keskisuuren remontin lukemia ja näin ottaa huomioon joitain betonirakenteiden purkuja. Jos rakennus purettaisiin kokonaan, käytettävä arvo olisi suurempi (Suomen Ympäristökeskus, 2021). Materiaaliluettelossa purkaminen on viety omalle rakennusosalle siksi, että sen vaikutuksia ja määrää on helpompi tarkastella.

Taloteknisten laitteiden hiilijalanjälki lasketaan hankkeen neliömäärälle suhteutettuna. Talotekniikan lukemat on määritetty laskentatyökaluun koskemaan juuri moduulien A1-A5 kohtia, eli rakentamisen aikaista talotekniikkaa. Jos lukemat otettaisiin rakentamisen päästötietokannasta talotekniikan osalta, siellä on mukana myös rakennuksen käytönaikaiset lukemat. Silloin talotekniikan hiilijalanjälki on huomattavasti suurempi kuin pelkästään rakentamisen aikainen hiilijalanjälki. Kyseisessä kohteessa kaikki vesijohdot ja viemäroinnit ovat vanhoja, joten vesi- ja viemärijärjestelmät on laskettu märkätilojen neliöistä. WC- ja keittiötilat tulevat samoille paikoilleen ja ainoastaan vanhat kaivot on vaihdettu uusiin sekä pinta-asenteiset vesiputket ovat uusia. Lämmityspatterit uusittiin koko remontoitavalle alueelle, mutta itse putkia ei uusittu. Koska talotekniikka on suhteutettu neliömäärään ja putkistoja ei uusittu hankkeessa, laskennallisesti neliömäärä on puolitettu.



Ilmanvaihtojärjestelmät uusittiin kauttaaltaan kokonaan ja samalla tavalla sähköjärjestelmät uusittiin kokonaan, joten niiden laskennalliset arvot on laskettu koko remonttialueen neliömäärästä. Näin koko talotekniset järjestelmät on otettu huomioon koko korjaushankkeen osalta.

Koska kyseinen esimerkkitapaus on korjausrakennushanke, suurimmat materiaalmäärät ovat pelkästään kevyitä rakenteita ja pintarakenteita. Hankkeessa ei ole koskettu kantaviin rakenteisiin käytännössä ollenkaan. Näin ollen suurin osa materiaaliluettelon määrästä on kevyiden rakenteiden osia, väliseinämateriaaleja, lattiapintoja ja ovia. Suurin osa materiaalien päästötiedoista löytyy valmiina arviointityökalusta. Tällaisia ovat esimerkiksi kipsilevyt, vanerit, ovet, muovimatot, sahatavarat ja maalit. Osalle materiaaleista on kuitenkin etsittävä tarkempia päästötietoja. Rakentamisen päästötietokannastakaan ei löydy aivan kaikille materiaaleille oikeita päästötietoja. Silloin tieto on etsittävä esimerkiksi materiaalivalmistajan sivuilta ja heidän ympäristöselosteistansa. Lähes kaikki rakennusmateriaalit tuottavat päästönsä rakentamisen ajalta moduuleista A1-A5 ja materiaalin kierrättämisestä C-moduulissa. Käytön aikana ne eivät tuota päästöjä, muuta kuin jos tuote joudutaan vaihtamaan uuden rakennuksen elinkaaren aikana. Silloin tuotteen vaihtoväli on pienempi kuin rakennuksen suunniteltu käyttöikä. Ympäristöselosteiden päästötiedot ovat rakennusmateriaalien osalta käyttökelpoisia, koska niiden lukemat käsittävät pääasiassa vain A1-A5 moduulien päästötietoja. Esimerkiksi seinälle tulevien akustointilevyjen osalta ei ole saatavilla taulukkoarvoja. Näin ollen tieto on etsittävä materiaalivalmistajan ympäristöselosteista. Se on helposti saatavilla eri tuotteiden ja paksuuksien mukaisesti. Tässä kohteessa käytetyn Rockfon Vertiq-akustointilevyn ympäristöselosteen tiedon mukaan hiilidioksidipäästöt ovat 4,22 kgCo<sub>2</sub>e/kg. Koska levy on ajateltu materiaalina kovalevy, sitä ei tarvitsisi vaihtaa koko rakennuksen käyttöiän aikana, joten siitä ei aiheudu muita päästöjä.

Kaikki laskennassa ja määrittämisessä käytetyt arvot on tehty Ympäristöministeriön Rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmän ohjeistuksien mukaisesti. Kun lasketaan koko rakentamisen aikainen hiilijalanjälki yhteen, se käsittää pelkästään moduulit A1-A5. Koska kyseessä on korjausrakennuskohde, tässä ei oteta aikaisemmin rakennuksessa tehtyjä tai tuotettuja päästöjä. Tämän lisäksi korjaushankkeessa otetaan huomioon koko korjaushankkeen osalta jätteet ja purkamisesta aiheutuvat päästöt (Moduulit C+D), koska korjaushankkeessa tehdyistä muutoksista ja materiaaleista syntyy myös niiden elinkaaren loppupäässä päästöjä. Myös hankkeen osalta elinkaarilaskennassa esitetään B-moduulin käytön aikaiset päästöt. Näiden päästöt lähinnä koostuvat tuotteiden ja materiaalien teknisen käyttöiän vaihtoväleista, joita joudutaan suorittamaan rakennuksen käyttöiän aikana.

## 5.5 Laskennassa käytettyjen tietojen luotettavuus

Korjausrakennuskohteen tietojen luotettavuus on arvioitava. Ympäristöministeriön Rakennusten vähähiilisyysarvointimenetelmässä on todettu, että arvioinnin tulokset voidaan katsoa luotettavaksi, kun hiilijalanjäljen arviointi on tehty menetelmäohjeen mukaisesti ja menetelmäohjeen liite 1 mukaisella rajauksella. Ohjeessa todetaan, että kun laskennassa on käytetty liitteiden taulukkoarvoja ja arviointia varten luotua kansallista päästötietokantaa, voidaan pitää laskentaa luotettavana. Tässä tutkimuksessa on käytetty juuri näitä ohjeita, pois lukien sellaiset materiaalit, joiden tietoja ei ole vielä saatavilla. Näiden osalta on käytetty mahdollisimman lähellä oikeaa tietoa, eli materiaalin ympäristöselostetta. Liitteessä 1 on esitelty ne Talo 2000-nimikkeistön mukaiset rakennusosat, jotka on otettava laskennassa huomioon. Nämä täsmäävät suoraan materiaaliluettelossa esitettyihin materiaaleihin. (Ympäristöministeriö 2019 e.)

Tietojen luotettavuudesta ja laadusta on annettu omat kriteerit menetelmäohjeistuksessa. Laskennassa käytettävien tietojen laatu on luokiteltu numeroittain ohjeistuksessa. Näin ollen, vaikka ympäristöselosteiden käyttöä ei suoraan suositella laskennan käytössä, ympäristöseloste täyttää kuitenkin tietoluokituksessa tason 3, joka on maksimiluokitus tiedon tasolle. Tietona voidaan siis käyttää tässä kohtaa korjaushankkeesta saatua hankekohtaista tietoa, jota voidaan pitää tarpeeksi paikkansapitävänä ja täsmällisenä. Tästä on annettu esimerkkinä ympäristöseloste. Näin ollen ympäristöselosteiden käyttö on perusteltua niiltä osin, kun valmiita taulukkoarvoja ei ole saatavilla. (Ympäristöministeriö 2019 e.)

### Laskennassa käytettyjen tietojen luokitus

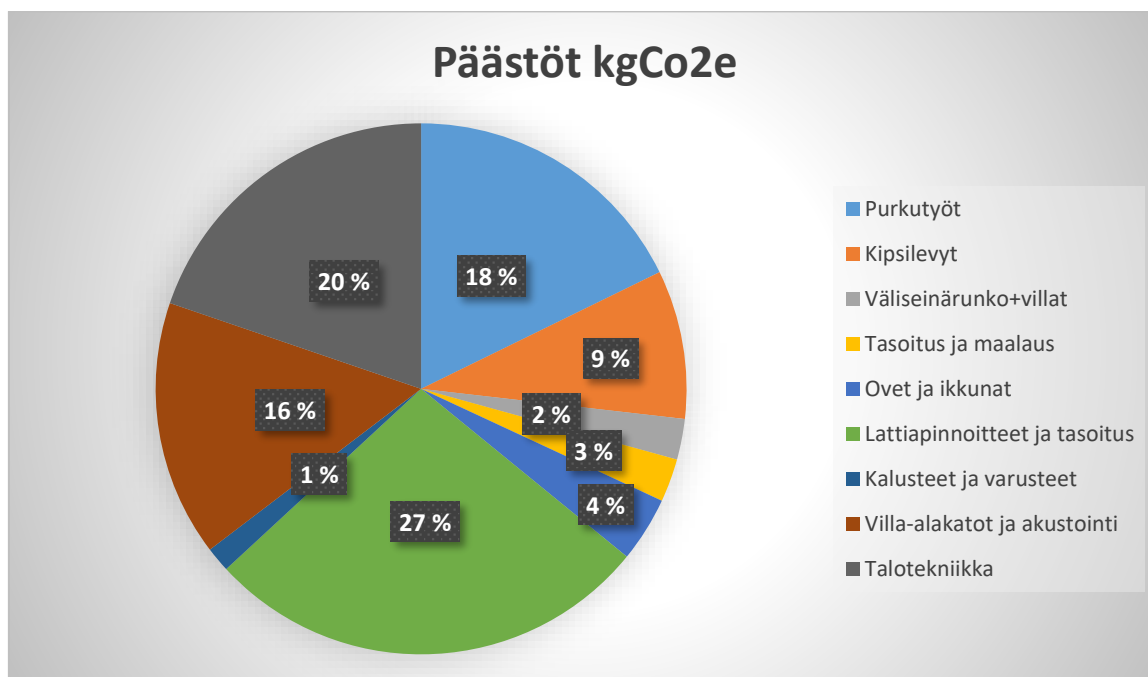
	0	1	2	3
<b>Teknologinen edustavuus</b>	Ei arvioitu	Tieto ei vastaa tyydyttävästi tuotteen teknisiä ominaisuuksia.	Tieto vastaa osittain tuotteen teknisiä ominaisuuksia.	Käytetty tieto vastaa hyvin tuotteen teknisiä ominaisuuksia.
<b>Maantieteellinen edustavuus</b>	Ei arvioitu	Tieto viittaa täysin erilliseen maantieteelliseen kontekstiin (esim. Italia Suomen sijaan).	Tieto viittaa samankaltaiseen maantieteelliseen kontekstiin (esim. Norja Suomen sijaan).	Käytetty tieto viittaa tiettyyn maantieteelliseen kontekstiin.
<b>Ajallinen edustavuus</b>	Ei arvioitu	Tiedon validoinnin ja sen hyödyntämisen välillä on yli 6 vuotta.	Tiedon validoinnin ja sen hyödyntämisen välillä on 2–4 vuotta.	Tiedon validoinnin ja sen hyödyntämisen välillä on alle 2 vuotta.
<b>Epävarmuus</b>	Ei arvioitu	Käytetään mallinnettua tai vastaavaa tietoa. Paikkansapitävyys ja täsmällisyys on arvioitu laadullisesti (esim. toimittajan ja prosessin operaattorin asiantuntija-arvio).	Käytetään mallinnettua tai vastaavaa tietoa, joka on arvioitu tyydyttävän paikkansapitäväksi ja täsmälliseksi, ja sitä tukee määrällinen epävarmuusarvio.	Käytetään hankekohtaista ja validoitua tietoa, jota voidaan pitää tyydyttävän paikkansapitävänä ja täsmällisenä (esim. tehty ja vahvistettu ympäristöseloste).

Taulukko 2. Menetelmäohjeen laskentaan käytettyjen tietojen luokitus ja luotettavuus. (Ympäristöministeriö 2019 e.)

## 6 Kehittämistutkimuksen tulokset

### 6.1 Laskennan tulokset

Analysoitaessa kyseisen hankkeen hiilijalanjälkilaskentaa ja laskennan tuloksia, on otettava huomioon, että kyseessä on korjausrakennushanke. Korjausrakennushankkeen ominaispiirteitä ovat esimerkiksi purkutyöt ja hankkeesta riippuen myös pintamateriaalien hiilijalanjälki korostuu.



Kaavio 1. Hiilijalanjälkilaskelman prosentuaaliset osuudet kokonaisuuksittain.

Kaaviosta on nähtävissä, kuinka eri osa-alueet vaikuttavat kyseisen hankkeen hiilijalanjälkeen. Hankkeen hiilijalanjäljen suurin osuus muodostuu lattiapinnoitteista ja tasoituksesta. Sen määrä on 27 prosenttia eli yli neljäsosan koko korjaushankkeen hiilijalanjäljen määrästä. Määrä on yhteensä 29 421 kg CO<sub>2</sub>e. Määrä koostuu lattian tasoittamiseen käytetystä tasoitteesta (637 kgCO<sub>2</sub>e), vinyylilankku-pinnoitteesta (3 301 kgCO<sub>2</sub>e), lattialaatoituksista ja vesieristeestä (1300 kgCO<sub>2</sub>e), tekstiilipalalaatasta (23 816 kgCO<sub>2</sub>e) ja muovimatosta (367 kgCO<sub>2</sub>e). Näistä suurin osuus on tekstiilipalalaatalla, jonka hiilijalanjälki on 23 816 kgCO<sub>2</sub>e. Kyseisen tekstiilipalalaatan tekninen käyttöikä on 30 vuotta, joten se joudutaan vielä vaihtamaan kertaalleen rakennuksen käyttöiän puitteissa. Tekstiilipalalaatalla on merkittävä hiilijalanjälki kyseisen korjausrakennushankkeen osalta. Neliömäärällisesti tekstiilipalalaattaa asennettiin kyseiseen kohteeseen yhteensä 985m<sup>2</sup>. Tämä on koko alueen pinta-alasta 1370m<sup>2</sup> yhteensä noin 72 prosenttia. Vertailukohteena vinyylilankku, jota on asennettu kohteeseen yhteensä 275m<sup>2</sup>, vinyylilankun hiilijalanjälki on 3 301 kgCO<sub>2</sub>e.

Seuraavaksi suurin hiilijalanjäljen osuus on talotekniikan osuus koko hankkeesta. Taloteknisten töiden osuus on koko hankkeesta viidesosan eli yhteensä 20 prosenttia. Talotekniset työt koostuvat laskennassa viemäriputkistoista (16 kgCO<sub>2</sub>e), sähköasennuksista (7 234 kgCO<sub>2</sub>e), patteriverkostosta (4 549 kgCO<sub>2</sub>e) ja ilmanvaihtojärjestelmistä (9 549 kgCO<sub>2</sub>e). Suurin osuus on ilmanvaihtojärjestelmillä tässä kohteessa. Käytännössä vesijohto- ja viemärintijärjestelmiin ei koskettu ollenkaan, koska korjauskohteessa rungot ovat jo rakennettuna valmiiksi aiemmin. Vain uudet pisteet liitettiin vanhoihin runkoihin. Sähköjärjestelmät uusittiin käytännössä kokonaan ja koska kyseessä on toimistotilaa, niin sähköistystarpeita on runsaasti. Patteriverkostossa vaihdettiin ainoastaan uudet patterit korjausalueelle, mutta rungot ja putket pysyivät vanhoina. Ilmastointijärjestelmät uusittiin kokonaan. Näin ollen ilmastoinnin ja ilmanvaihtojärjestelmien osalta hiilijalanjälki on suurin taloteknisistä järjestelmistä.

Purkutöiden osuus on kolmanneksi suurin prosentuaalinen osuus koko hankkeen hiilijalanjäljestä. Purettava alue on laskettu neliömäärään suhteutettuna. Koska kyseessä on korjaushanke, purkutöitä tulee väkisin. Purkutöiden osuus on tässä kohteessa melko suuri, eli yhteensä 18 prosenttia koko korjaushankkeen hiilijalanjäljestä. Neljänneksi suurimpana on alakattolevyt ja seiniin asennetut akustointivillat. Näiden osuus koko hiilijalanjäljestä on yhteensä 16 prosenttia. Suurimpana on 40 mm alakattovillalevy, jonka kokonaismäärä on 13 573 kg CO<sub>2</sub>e. Tämä on lähes koko määrä koko alakatto-osuudesta. Näiden osuus onkin 1200 m<sup>2</sup> koko alakattojen määrästä.

Seuraavaksi suurin hiilijalanjäljen osuus löytyy väliseiniin liittyvistä töistä. Kaikki väliseiniin liittyvät työt yhteensä ovat kyseisen korjaushankkeen koko määrästä 14 prosenttia, eli noin kuudesosan. Tähän kuuluu kipsilevyt, runkorakenteet ja pintarakenteet, eli maalaus ja tasoitus. Seinän rakenteiden hiilijalanjäljestä suurin osuus tulee seinien kipsilevyistä. Tämä osuus on yhteensä 9 prosenttia koko hankkeen hiilijalanjäljestä ja määränä 9 782 kgCO<sub>2</sub>e. Koska kohde on toimistotila ja toimistotilan akustiset ominaisuuden ovat tärkeitä, tästä syystä seinärakenteet ovat niin sanottuja tuplalevytettyjä seiniä, eli jokaiseen seinäpintaan mitä on tehty, tulee kaksi kipsilevyä päällekkäin. Kipsilevytyksiin on laskettu pieni määrä alakatto-otsia, sekä alakattolevyjä. Laskentatavan takia nämä ovat yhdistettynä koko kipsilevytyksen määrään. Tämä tietenkin nostaa kipsilevyjen määrän myös kaksinkertaiseksi. Tästä johtuu osittain kipsilevyjen suuri hiilijalanjälki osuus koko laskennassa. Itse runkomateriaalien ja pinnoitemateriaalien määrä on melko pieni, jos verrataan koko laskelman hiilijalanjälkeä. Niiden osuus on vain joitain prosentteja ja yhteensä ne ovat vain 5 prosenttia koko kohteen lasketusta hiilijalanjäljestä.

Pienimmät prosentuaaliset osuudet tulevat hankkeessa sisälasi-ikkunoista, ovista, kalusteista ja varusteista. Näiden osuus koko hiilijalanjäljessä on vain 5 prosenttia yhteensä. Näiden yhteenlaskettu hiilijalanjälki on tässä kohteessa 5 922 kgCO<sub>2</sub>e. Hiilijalanjälkeä pienentää jonkin verran erilaiset varusteet, joita ei tarvitse ottaa huomioon hiilijalanjälkeä määritettäessä.

Kun katsotaan koko laskelmaa, laskennassa on aina ilmoitettava myös hiilikädenjälki. Laskennan hiilikädenjälki on melko pieni, eli se on vain -2 511 kgCO<sub>2</sub>e. Hiilikädenjälki esitetään aina erikseen ja negatiivisena lukemana. Hiilikädenjälkeä syntyy kohteessa erilaisista puutuotteista, kuten sahatavarasta ja vanereista (-1 206 kgCO<sub>2</sub>e) ja rakennuslevyistä ja kalusteista (-1 305 kgCO<sub>2</sub>e). Nämä siis kompensoivat syntyvää hiilijalanjälkeä kohteessa. Esimerkiksi laskennassa huomioon otettavat kalusteet ja varusteet ovat melkein hiilineutraaleja (337 kgCO<sub>2</sub>e).

Kohteen kokonaishiilijalanjäljeksi materiaalien osalta tulee rakennuksen käyttöiän ja materiaalien tekniset käyttöiät huomioon ottaen yhteensä 158 123 kgCO<sub>2</sub>e. Suomessa yhden ihmisen hiilidioksidipäästöt vuodessa on ollut vuonna 2018 noin 8 040 kgCO<sub>2</sub>e (Suomen YK-liitto, 2018). Tämä siis vastaa määrältään 20 ihmisen hiilidioksidipäästöjä Suomessa. Lisäksi kohteen koko hiilikädenjälki on -2 511 kgCO<sub>2</sub>e. Koko materiaalien osuus koostuu materiaaleista, jotka on työmaan aikana asennettu. Tämä määrä on 108 015 kgCO<sub>2</sub>e. Lisäksi tässä huomioidaan teknisestä käyttöiästä johtuvat materiaaliveivaidokset, jotka ovat kyseisessä kohteessa yhteensä 50 108 kgCO<sub>2</sub>e. Määrä on siis lähes kolmannes koko hiilijalanjäljestä.

## 6.2 Elinkaariarviointi

Koska hiilijalanjäljen määrittäminen on osa elinkaaren arviointia ja Ympäristöministeriön hiilijalanjäljen arviointi- työkalu tähtää koko rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen määrittämiseen, myös tässä tutkimuksessa sivutaan elinkaarilaskentaa. Elinkaarilaskenta on jaettu eri moduuleihin, jolloin pystytään tarkastelemaan paremmin syntyvien päästöjen kohdistumista eri osa-alueisiin. Elinkaariarvioinnissa laskelma tehdään koko rakennuksen elinkaarelle. Rakennukselle määritetään sille tarkoitettu käyttöikä ja normaalisti tavallisissa rakennuksissa se on vähintään 50 vuotta (Ympäristöministeriö 2021 h.). Toinen vaikuttava tekijä on rakennuksen lämmitettävä pinta-ala. Korjausrakennuskohteessa lämmitettävä pinta-ala on reilusti suurempi, koska kyse on vain rakennuksen osasta. Korjauskohteen lämmitettävä pinta-ala on yhteensä 1370m<sup>2</sup>, jolloin elinkaariarviointi voidaan tehdä kyseiseen rakennuksen osaan. A-moduulissa on otettu huomioon materiaalien valmistamisesta, kuljettamisesta ja työmaavaiheista aiheutuvat päästöt. Näiden päästöjen määrä kyseisessä kohteessa on yhteensä 2,12 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>netto/a. Kyseinen hiilijalanjälki 2,12 kgCO<sub>2</sub>e kuvastaa

rakennuksen käyttöikä 50 vuotta ja laskettavaan pinta-alaan 1370m<sup>2</sup> suhteutettua hiilidioksidipäästöä. Se koostuu valmistus ja kuljetusvaiheesta 1,58 kgCO<sub>2</sub>e ja työmaatoiminnoista, jotka perustuvat taulukkoarvoon. Taulukkoarvo on 0,55 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup> netto/a.

### Valmistus, kuljetus ja työmaa -vaiheiden päästöjen arviointi (A)

	Hiilijalanjälki	Hiilikädenjälki
	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> <sub>netto</sub> /a	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> <sub>netto</sub> /a
<b>Ennen käyttöä syntyvät päästöt yhteensä</b>	<b>2,12</b>	<b>-0,04</b>
<b>Valmistus ja kuljetusvaihe (A1-4)</b>	<b>1,58</b>	<b>-0,04</b>
Tontti		
Kantavat rakenteet	0,03	
Vaippa	0,28	
Kevyet rakenteet	0,96	-0,04
Talotekniikka	0,31	

Valmistusvaiheen päästöjen tulokset muodostuvat automaattisesti välilehdellä 'Materiaaliluettelo' annettujen arvojen perusteella.

<b>Työmaatoiminnot (A5)</b>	<b>0,55</b>	
-----------------------------	-------------	--

Työmaatoimintojen arvot perustuvat neliömetrikohtaiseen taulukkoarvoon.

Taulukko 3. Moduuli A tulokset, Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu. (Ympäristöministeriö 2019 e.)

Käyttövaiheen hiilijalanjälki on ilmaistu moduulissa B. Koska tässä tutkimuksessa on tarkoituksena tutkia vain rakentamisen aikaisia päästöjä ja sen hiilijalanjälkeä, käyttövaiheen tunnuslukuja ei ole kartoitettu ja tutkittu. Käyttövaiheessa suurin osa hiilijalanjäljestä tulisi energiankäytöstä. Käyttövaiheeseen ohjautuu kuitenkin hiilidioksidipäästöjä myös rakentamisen materiaaleista. Nämä johtuvat suoraan materiaalien teknisten käyttöikien määrästä, jolloin materiaaleja pitää vaihtaa ennen rakennuksen elinkaaren loppua. Lisäksi vaihtamiseen laskeaan korjausten energiankulutus, joka tulee suoraan taulukosta. Kyseisen kohteen osalta lukema on yhteensä 0,77 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup> netto/a.

Elinkaaren loppu on kuvattu moduuleissa C ja D. Ne kertovat elinkaaren lopun päästöistä, kuten purkamisesta ja kuljetuksista. Kohteen päästötiedot ovat suoraan taulukkoarvoja, joista kokonaisuudessa tulee 0,67 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup> netto/a. Tämä koostuu korjauskohteen materiaalien purkamisesta 0,16 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup> netto/a, purkujätteen kuljettamisesta 0,2 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup> netto/a ja purkujätteen loppukäsittelystä ja sen sijoittamisesta 0,31 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup> netto/a. Tämän kohteen hiilijalanjäljen määrittämisessä ei ole otettu huomioon moduulin D ulkopuolelta syntyviä hyötyjä.

Kokonaisuudessaan koko elinkaaren arvioinnissa vuotuiset päästöt lämmitettyä nettoalaa kohden on yhteensä 3,57 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup> netto/a. Tässä määrässä on huomioitu koko elinkaari, mitä kyseisen korjausrakennushankkeen osalta tulee päästöjä. Tämä määrä on yhteensä koko elinkaarelle laskettuna 245 tnCO<sub>2</sub>e, eli 245 tonnia hiilidioksidiekvivalenttia. Lisäksi koko hankkeen hiilikädenjälki on -3 tnCO<sub>2</sub>e. Jos käytetään jo vastaavaa esimerkkiä kuin aiemmin, niin koko elinkaarelle hiilidioksidipäästöjen määrä on sama kuin vuonna 2018 Suomessa 30 ihmisen kuluttama päästö määrä (Suomen YK-liitto 2018.).

<b>Elinkaariarvioinnin tulokset</b>	<b>Hiilijalanjälki</b>	<b>Hiilikädenjälki</b>
	tn CO <sub>2</sub> e	tn CO <sub>2</sub> e
<b>Elinkaaren aikana syntyvät kokonaispäästöt (A-D)</b>	<b>245</b>	<b>-3</b>
	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> <sub>netto/a</sub>	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> <sub>netto/a</sub>
<b>Vuotuiset päästöt lämmitettyä nettoalaa kohden (A-D)</b>	<b>3,57</b>	<b>-0,04</b>
<b>Valmistus, kuljetus ja työmaa (vaiheet A1-5)</b>	<b>2,12</b>	<b>-0,04</b>
Tontti		
Kantavat rakenteet	0,03	
Vaippa	0,28	
Kevyet rakenteet	0,96	-0,04
Talotekniikka	0,31	
<b>Käyttö (vaiheet B3-4, 6)</b>	<b>0,77</b>	
<b>Purkaminen (vaihe C)</b>	<b>0,67</b>	
<b>Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset (D)</b>		

Taulukko 4. Korjausrakennushankkeen koko elinkaaren arvioinnin tulokset, Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu. (Ympäristöministeriö 2019 e.)

Suurin osa eli noin 59 prosenttia tämän hankkeen päästöistä tulee moduulin A:n vaiheista, eli työmaan alkuvaiheista, kuten materiaalin valmistus, kuljetus tai työmaan käynnissä olo-vaiheesta. Siltikin 41 prosenttia kaikista työmaan toimista menee käyttöaikaiseen vaiheeseen ja purkamisvaiheeseen, joka on prosentuaalisesti melko paljon. Vaikka tässä kohteessa ei ole otettu huomioon ollenkaan käytönaikaisia energiapäästöjä, prosentuaalinen osuus on melko suuri koko korjaushankkeessa. Näin ollen, jos tähän lisättäisiin vielä rakennuksen käytönaikaiset energiapäästöt, A moduulin päästövaikutukset olisivat merkittävästi pienemmät.

### 6.3 Hiilijalanjäljen pienentämisen vertailulaskelma

Tutkittava korjausrakennushanke on toteutettu vuonna 2021. Jos kyseisessä kohteessa haluttaisiin päästä parempiin lopputuloksiin hiilijalanjäljen osalta, on pienennettävä materiaaleista tulevia hiilidioksidipäästöjä. Alkuperäisen laskelman rinnalle on tehty vertailulaskelma, jossa käytetään samoja tai vastaavia tuotteita, mitä kohteessa on jo käytetty niin, että saataisiin tämän kohteen osalta pienennettyä hiilijalanjälkeä pelkillä

materiaalivalinnoilla. Vertailulaskelmassa 2 osa-alueita pysyy samana, joka on purkutöistä johtuva hiilijalanjälki ja taloteknisten töiden hiilijalanjälki. Näitä ei muuteta vertailun osalta. Vertailulaskelmassa tehtiin seuraavanlaiset muutokset. Alakattojen osalta kaikki alakattojen villalevyt vaihdettiin vain 15 mm paksuun Rockfon Koral-alakattolevyyn. Seinään tulevat akustointilevyt poistettiin kokonaan, koska nämä eivät ole välttämättömät. Lattiapinnoitteesta vinyylilankut ja tekstiilipalamatot vaihdettiin parkettiin kokonaisuudessaan. Sisä-ovet vaihdettiin lasisiin oviin. Lisäksi väliseinien osalta kipsilevyjen tuplalevytys vaihdettiin niin, että normaali kipsilevy korvattiin 12 mm havuvanerilla. Muuten laskenta pidettiin täysin samana. Näillä materiaalivaihdoksilla päästiin materiaalien osalta lopputulokseen, jossa hiilijalanjälki on 30 039 kgCO<sub>2</sub>e ja hiilikädenjälki on -15 927 kgCO<sub>2</sub>e. Käyttöiät huomioiden yhteensä hiilijalanjälki on 42 296 kgCO<sub>2</sub>e. Saman kohteen alkuperäinen lukema oli 99 057 kgCO<sub>2</sub>e. Hiilijalanjälki on siis yhteensä 57 prosenttia pienempi näillä kyseisillä muutoksilla. Lisäksi hiilikädenjälki on -13 416 kgCO<sub>2</sub>e parempi. Näin pienillä muutoksilla kyseisen kohteen hiilijalanjälki paranee runsaasti.

Kun katsotaan koko elinkaaren osalta vertailulaskelmaa, prosentuaalisesti lukemat eivät ole niin paljon paremmat. Tämä johtuu tietyistä taulukkoarvoista, jotka eivät oikeastaan parane, vaikka materiaaleja vaihdetaankin. Tällaisia vakioarvoja ovat esimerkiksi työmaatoiminnot ja elinkaaren lopussa tulevat arvot.

<b>Elinkaariarvioinnin tulokset</b>	<b>Hiilijalanjälki</b>	<b>Hiilikädenjälki</b>
	tn CO <sub>2</sub> e	tn CO <sub>2</sub> e
<b>Elinkaaren aikana syntyvät kokonaispäästöt (A-D)</b>	<b>188</b>	<b>-16</b>
	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> <sub>netto</sub> /a	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> <sub>netto</sub> /a
<b>Vuotuiset päästöt lämmitettyä nettoalaa kohden (A-D)</b>	<b>2,74</b>	<b>-0,23</b>
<b>Valmistus, kuljetus ja työmaa (vaiheet A1-5)</b>	<b>1,60</b>	<b>-0,23</b>
Tontti		
Kantavat rakenteet	0,03	
Vaippa	0,28	
Kevyet rakenteet	0,44	-0,23
Talotekniikka	0,31	
<b>Käyttö (vaiheet B3-4, 6)</b>	<b>0,47</b>	
<b>Purkaminen (vaihe C)</b>	<b>0,67</b>	
<b>Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset (D)</b>		

Taulukko 5. Korjausrakennushankkeen koko elinkaaren arvioinnin tulokset vertailulaskelma, Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu. (Ympäristöministeriö 2019 e.)

Kevyiden rakenteiden osalta laskelma saatiin melko lähelle hiilineutraalia, eli kevyiden rakenteiden osalta olisi voitu päästä jopa 0,21 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup> netto/a lukemaan. Tämä lukema on huomattava parannus alkuperäisestä 0,92 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup> netto/a lukemasta. Prosentteissa tämä parannus on 77 prosenttia. Vertailtavassa laskelmassa ei ole otettu huomioon



minkäänlaisia materiaalien kustannuksia tai vastaavasti normaalissa toimistotilassa tärkeässä roolissa olevaa akustisia ominaisuuksia. Normaalisti akustiikka on huonompi, mitä enemmän on kovia pintoja, joten parketti esimerkiksi lattiamateriaalina voisi olla huono avonaisessa toimistotilassa.

#### 6.4 Hiilijalanjälkilaskenta korjausrakennuskohteessa

Ympäristöministeriön ohjeistuksessa on kerrottu, että rakentamisen hiilijalanjäljen arviointimenetelmä soveltuu myös korjausrakennuskohteeseen (Ympäristöministeriö 2019 e.). Tässä tutkimuksessa arviointityökalua on käytetty korjausrakennushankkeessa ja todettu, että laskelman pystyy suorittamaan korjausrakennuskohteeseen, jos käyttää jo valmiiksi annettuja taulukkoarvoja. Näin saadaan tulos, jota voidaan käyttää rakennuslupaa haettaessa. On tärkeää, että rajausta tehdään juuri koskemaan kyseisen korjaushankkeen tietoja, korjauskohteen korjattavia rakennusosia ja tuotteita. Laskelmaan ei saa sisällyttää jo kulu-neen elinkaaren vaiheita. Käytännössä ajatellaan, että kyseinen kohde olisi uusi siinä määrin, kun tehdään uutta. Tämä tieto on melko helposti saatavilla esimerkiksi pääurakoitsijan urakkalaskentavaiheen määräluetteloista, mitä kohteessa tehdään uutta ja mitä ei.

Kun korjataan jo olemassa olevaa rakennusta, rakennus on jo ollut käytössä ja rakennuksesta löytyy kaikki tarvittavat järjestelmät ja toimivat rakennusosat. Korjausrakentamisessa saatetaan uusia vanhoja tai käyttöikänsä päässä olevia järjestelmiä uusiin. Silti järjestelmät toimivat korjausrakennuskohteessa koko ajan ainakin joiltain osin. Kyseisessä kohteessa on yhteensä 6 kerrosta, joista vain 2 oli tässä hankkeessa korjattavana. Näin ollen esimerkiksi sähkö-, vesi- ja lämmitysjärjestelmät olivat toiminnassa koko rakennuksessa koko rakentamisen ajan. Tämä tarkoittaa sitä, että rakennusta ja työmaan osioita lämmitettiin huolimatta siitä, onko ne käytössä vai ei. Tällöin työmaasta aiheutuvia energiakustannuksia ei pitäisi ottaa huomioon. Nämä ovat kuitenkin otettuna huomioon moduulissa A5, työmaatoiminnot, jotka tulee elinkaariarvioinnissa valmiina taulukkoarvona (Ympäristöministeriö e, 2019). Tähän kuuluu muun muassa käytettyjen ostoenergioiden määrä ja työmaatilojen käyttö. Kyseisessä kohteessa työmaatiloina on käytetty valmiita sosiaalitiloja rakennuksen kellaritiloissa. Näin ollen niistä ei ole tullut päästöjä, koska ne ovat olleet valmiina. Sama on myös käytettävien energioiden osalta.

Työmaatoimintojen taulukkoarvo  $0,55 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^2 \text{ netto/a}$  vääristää korjaushankkeen työmaatoiminnoista tulevaa päästöarvoa. Taulukkoarvo täytyisi määrittää korjausrakennushankkeeseen erikseen niin, että siinä on otettu huomioon jo olemassa olevat kulutusmäärät rakennuksessa sekä myös mahdollinen työmaatilojen sovittaminen jo olemassa olevaan rakennukseen. Näin saataisiin vertailukelpoisempi laskelma korjausrakentamisen työmaatoiminnoista ja niiden päästöistä. Arviointityökaluun pystyy määrittämään myös tarkemman

arvon kyseiselle taulukkoarvolle, mutta tämä vaatisi hankekohtaisten energiamäärien tietämistä ja niiden vertailua normaalissa käytössä olevaan tilaan. Näiden erotusta voitaisiin pitää työmaan päästöinä.

Rakennustuotteiden hukkamäärää voidaan pitää lähes samana, oli kohteena sitten uudisrakennus tai korjausrakennus. Rakentamisessa syntyy aina hukkaa, mutta suurin osa perustavarasta voidaan tarvittaessa hyödyntää seuraavan projektin yhteydessä. Näiden arvot ovat taulukkoarvoissa oikein.

#### 6.4.1 Hiilijalanjäljen vertailu uudiskohteen ja korjauskohteen välillä

Jos verrataan uudiskohteen ja korjauskohteen välillä, korjauskohteen hiilijalanjälki on merkittävästi pienempi kuin uudiskohteen. Uudiskohteen osalta suuret hiilijalanjälkipäästöt syntyvät esimerkiksi rakennuksen rungosta ja tonttiin kohdistuvista töistä. Nämä ovat yleensä korjauskohteessa valmiiksi tehtynä ja niihin tehdään yleensä vain pieniä muutoksia tai korjauksia. Jos otetaan esimerkkinä asuntomessuilla vuonna 2021 tehdyt omakotitalojen hiilijalanjäljen arvioinnit, niin kyseisten talojen keskiarvo oli yhteensä 14 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup> netto/a (Kotilehto, 2021). Jos verrataan tässä tutkimuksessa olleeseen korjausrakennushankkeeseen, jonka vastaava lukema oli 3,57 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup> netto/a. Ero on huomattava ja se on lähes 75 prosenttia pienempi. Vaikka korjauskohteessa on laskettuna myös purkutöiden osuus, hiilijalanjäljen näkökulmasta korjaaminen on reilusti järkevämpi ratkaisu kuin uuden tekeminen, jos se vain on mahdollista. Lisäksi on kohteita, jossa aluksi puretaan ensiksi vanha rakennus pois uuden tieltä. Näissä kohteissa hiilijalanjälkeä vasta syntyykin, jos purkujätteitä ei pystytä hyödyntämään missään.

Lohjan asuntomessualueen omakotitalojen elinkaari-päästöt ovat keskiarvolta noin 106 tnCO<sub>2</sub>e. Verrattuna tämän tutkimuksen korjauskohteeseen, jonka päästöt olivat 245 tnCO<sub>2</sub>e, yhden omakotitalon päästöt ovat siis noin 57 prosenttia pienemmät. Tässä huomionarviosta on se, että omakotitalojen keskimääräiset pinta-alat ovat hieman yli 100 neliötä, kun taas kyseisen korjauskohteen pinta-ala oli 1370 neliötä. Vaikka tulokset eivät ole vertailukelpoisia, se antaa ymmärryksen ja vertailukohtaan rakentamisen hiilijalanjäljestä uuden ja korjattavan rakennuksen väliltä. Uudessa rakennuksessa suurimmat päästöt tulevat betonin käytöstä ja sitä käytetään yleisesti alapohjan ja rakennuksen rungon tekemiseen.

Koska Ympäristöministeriön tekemä rakentamisen hiilijalanjäljen arviointi-työkalu on vasta koekäytössä ja luonnosvaiheessa, lopulliseen versioon olisi hyvä saada korjausrakentamisen tunnuspiirteitä omaavia taulukkoarvoja. Tällä hetkellä kaikki arvot tähtäävät uuden tekemiseen ja se hieman vääristää hiilijalanjälkilaskelmaa ja elinkaariarviointia. Esimerkiksi työmaatoimintojen huomioon ottaminen tai vaikkapa rakennusmateriaalien vaihtovälit

korjauskohteessa. Voi olla esimerkiksi tilanne, että kun kyseessä on korjauskohde ja rakennus on jo otettu käyttöön, se on vaikkapa käyttöikänsä puolesta puolella välissä. Siihen päätetään tehdä käyttöiän puolivälissä laajamittainen korjausremontti niin, että se kestää käyttöikänsä loppuun. Näin ollen rakennusmateriaalejakaan ei tulla enää vaihtamaan. Korjauskohteessa kuitenkin ajatellaan, että korjatuilta osin rakennuksen käyttöikä on vähintään 50 vuotta. Näin myös rakennusmateriaaleille, joita on käytetty korjaushankkeessa, on arvioitava, että ne mahdollisesti tullaan vielä vaihtamaan, jos niiden tekninen käyttöikä on vähemmän kuin 50 vuotta. Tämäkin täytyisi pystyä tuomaan arvioinnissa esille, jos näin tullaan toteuttamaan.

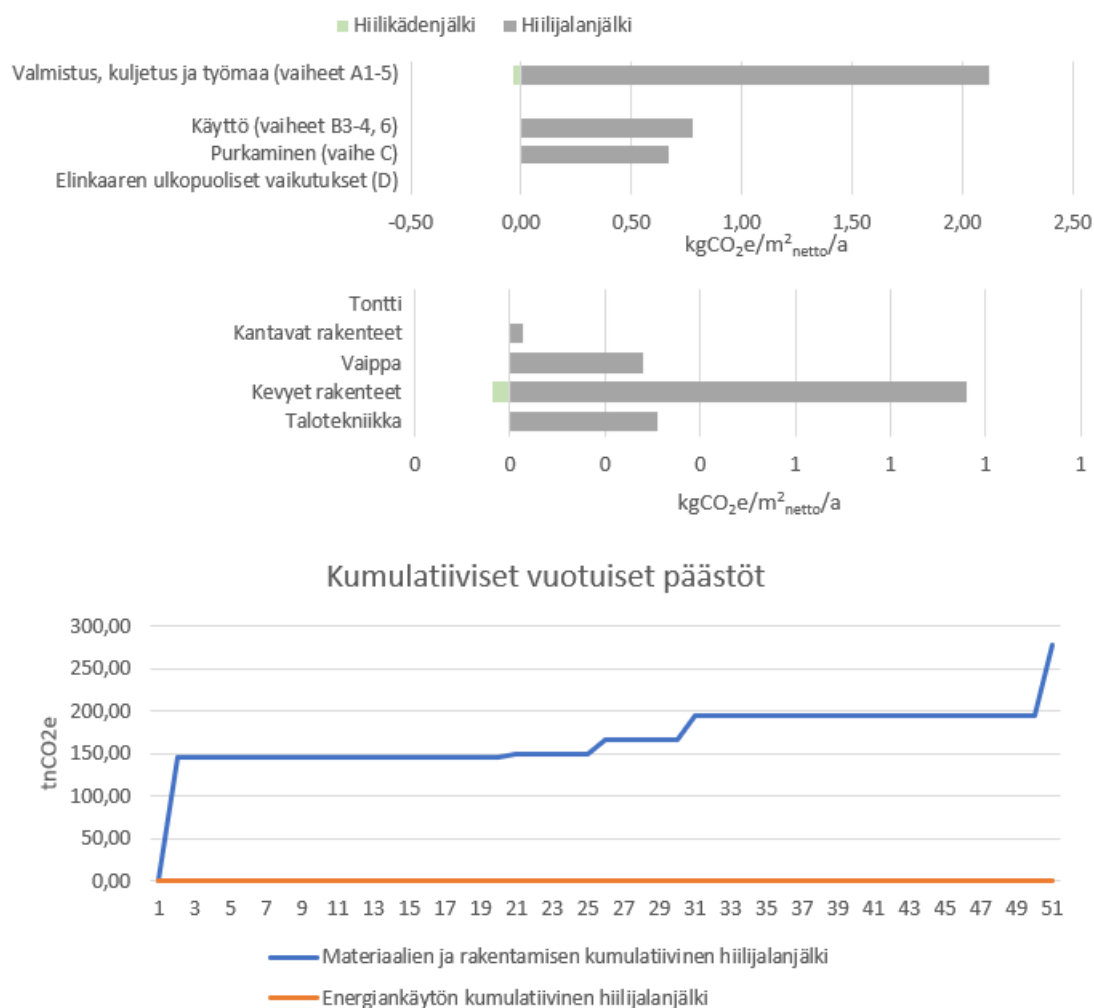
## 6.5 Hiilijalanjätkilaskelman toteutuma

Hiilijalanjätkilaskelman toteutumaa tarkastellessa on huomioitava laskelman rajaukset. Hiilijalanjätkin arviointi perustuu yleiseurooppalaiseen standardiin, jonka pohjalta Ympäristöministeriön arviointityökalu on toteutettu. Standardeissa on määritetty tietyt rajaukset rakennuksen hiilijalanjätkin määrittämiseen. Nämä ovat tietynlaisia yleistyksiä siitä, mitä kuuluu laskea ja millä on yleisesti väliä.

Rakennusten elinkaariarviointi on suunniteltu niin, että se toteutettaisiin ennen rakennushanketta. Tämä siis käytännössä tarkoittaa suunnitteluvaihetta. Suunnitteluvaiheessa on riittävän tarkat tiedot käytettävissä, että rakennuksen elinkaariarviointi voidaan suorittaa (Ympäristöministeriö 2019 d.). Tähän tähtää myös se, että rakennuslupaa haettaessa on tulevaisuudessa liitettävä rakennuksen elinkaariarviointi ja ilmastaselvitys. Käytännössä jo suunnitteluvaiheessa on oltava riittävän tarkat tiedot käytettävien materiaalien määristä. Normaalisti tämä tieto on varsinkin kilpailutusurakoissa vasta silloin, kun pääurakoitsija laskee kyseisen kohteen määriä. Perustusurakoinnissa tästä ei synny ongelmaa, koska perustusurakoitsija itse yleensä hoitaa suunnittelusta lähtien koko hankkeen, mutta kilpailutusurakoissa tämä tarkoittaisi sitä, että rakennuttaja voisi tarjota urakoitsijoille jo valmiiksi kyseisen hankkeen lasketut määrät, ainakin siltä osin kuin elinkaariarviointi sitä vaatii. Tähän parhain ratkaisu ja vaihtoehto on tietomallinnus. Tietomallinnus voikin yleistyä hankkeessa kuin hankkeessa juuri materiaalimäärien takia, koska tietomallista ne ovat saatavilla helpoiten. Kaikkia asioita ei oteta arvioinnissa huomioon ja ne rajautuvat laskennasta pois. Tällainen yksi kokonaisuus on rakennuksen viimeistelyyn liittyvät asiat, kuten varustelu ja listoitus. Nämä ovat mielestäni isoja yksittäisiä kokonaisuuksia ja näitä ei oteta millään tasolla huomioon. Esimerkiksi listoitus on aikaa vievä työvaihe ja listaa saattaa mennä määrällisesti jopa kilometrejä. Listoja on puisia ja muovisia, joten näilläkään asioilla ei ole laskennan kannalta mitään tekemistä, koska ne on rajattu pois. Varsinkin kyseisessä korjaushankkeessa sisätyövaiheilla on erittäin suuri merkitys ja näin niiden pitäisi olla varsinkin

korjaushankkeissa esitettynä. Tämän tutkimuksen korjaushankkeeseen oli määrällisesti laskettu yhteensä listoja 1 100 juoksumetriä. Myöskään kodinkoneita ei oteta laskennassa huomioon. Jos ajatellaan kerrostaloa, jossa on 40 asuntoa, niin jokaiseen asuntoon tulee jääkaapit, uunit ja liedet. Näiden määrä on kuitenkin 40 kpl jokaista kodinkonetta, joten niiden hiilijalanjälki jää huomioimatta.

Toteutumassa ei huomioida väliaikaisia rakenteita. Niitä ei välttämättä tarvita suuria määriä, mutta on myös kohteita, joissa rakennetaan väliaikaisia sääsuojia ja erittäin paljon erilaisia väliaikaisia rakenteita. Näiden osuus ei ole välttämättä kovin iso, mutta vääristää työmaatoimintojen osalta laskelmaa. Työmaatoimintoihin täytyisi olla paremmat taulukkoarvot, jotta arvojen realistisuus tulisi paremmin laskelmassa esille.



Kuvio 6. Korjausrakennuskohteen päästötoteutuma-arviointi osa-alueittain ja vuosittain esitettynä. (Ympäristöministeriö 2019 e.)

Jos tarkastellaan kohteen toteutumia kumulatiivisesti, suurin rakentamisen ja materiaalin piikistä syntyy heti rakentamisvaiheesta. Osa syntyy vuosien 20–30 välissä, koska silloin

on tehtävä erilaisia rakennusmateriaalien vaihtoja. Loput päästöistä syntyvät, kun rakentamisen käyttöikä 50 vuotta saavutetaan ja tehdyt rakenteet puretaan.

## 6.6 Hiilijalanjälkilaskelman tarkkuus ja todenmukaisuus

Hiilijalanjälkilaskennan tarkkuus on olennainen osa hiilijalanjäljen määrittämistä. Tarkkuus on selkeästi määritetty Ympäristöministeriön ohjeistuksissa, millä tarkkuudella vähintään tiedot täytyy antaa, että ne ovat kelvollisia käytettäväksi laskennassa.

Vaikka laskenta olisikin tehty arvioinnin ohjeiden mukaisesti, silti se ei välttämättä vastaa oikeaa toteutumaa. Jos kohteen elinkaariarviointi on suoritettu ennen rakentamista, kuten ohjeistetaan, voi olla, että se ei vastaa kohteen toteutumaa ollenkaan. Laskenta ei ota huomioon sitä, että joitain rakennusosia tai materiaaleja voidaan vaihtaa vielä suunnittelun jälkeen. Tyypillinen esimerkki tästä on pintamateriaalit. Pääpiirteet voivat olla selvillä, mutta on tyypillistä, että pintamateriaalit vaihtuvat useaan otteeseen ennen kuin rakennuskohde on valmis. Harvoin rakennuskohteet menevät aivan juuri suunnitelmien mukaisesti alusta loppuun. Uudisrakennuksissa muutosten määrä on huomattavasti pienempi, mutta korjausrakentamisessa muutosten ja yllätysten todennäköisyys on suurempi. Tämä johtuu yksinkertaisesti alkuperäisten suunnitelmien paikkansapitämättömyydestä. Näin kävi tässäkin korjaushankkeessa. Alun perin kolmanteen kerrokseen ei esimerkiksi ollut suunniteltu sisäläisyyksiä ollenkaan. Tilojen käyttäjä kuitenkin halusi lisätä niitä kohteeseen toteutusvaiheessa. Niitä tulikin yhteensä 13 kappaletta. Lisäksi seinille tulevaa akustointilevytystä lisättiin noin 25 prosenttia. Näitä ei ole otettu laskelmassa huomioon, koska muutosten huomioonottamiseen ei ole selkeää ohjetta Ympäristöministeriön ohjeissa ja laskenta on toteutettu niin, että sillä olisi haettu rakennuslupa ennen toteutusvaihetta.

Korjausrakentamisessa muutokset ovat enemmän sääntö kuin poikkeus. Tämän takia olisi hyvä tehdä kohteen valmistumisen jälkeen tarkentava elinkaariarviointi ja hiilijalanjälkilaskelma, koska se ei välttämättä ole lähellekään sitä, mitä alun perin ajateltiin sen olevan. Tämä ei ole niin pakollinen uudiskohteessa, koska sen kaikki tiedot täytyisi löytyä jo valmiiksi tehdyistä suunnitelmista rakennuksen maaperää ja tonttia lukuun ottamatta. Mutta korjausrakentamisessa suunnitelmapuutteet ja lähtötietojen paikkansapitämättömyys ovat normaalia. Korjausrakentamisessa on tilanteita, joissa rakenteet paljastuvat vasta kun vanha on purettu. Vasta sitten nähdään todellinen tilanne, että pitääkö suunniteltu ollenkaan paikkaansa.

Elinkaariarviointi ja hiilijalanjäljen laskenta on vasta luonnos- ja testausvaiheessa, joten siinä on vielä parannettavaa. Isot rakennusliikkeet ovat ottaneet elinkaariarviointia käyttöönsä jo joissain hankkeissa ja sieltä saatujen palautteiden perusteella arviointityökalua

kehitetään oikeaan suuntaan. Tämä lisää laskentojen todenmukaisuutta. Yksi iso parannus ja helpotus olisi rakennusosittain tai rakennetyypittäin määritetty hiilijalanjälki. Tätä varsinkin isot rakennusliikkeet toivoivat omissa tarkasteluissaan (Moilanen 2021.). Lupavaiheessa tehdään paljon tarkasteluja rakennetyypeittäin, joten rakennetyypeittäin luokitellut valmiit päästötiedot nopeuttaisivat arviointia. Lisäksi on huomattu, että eri laskijat saavat samasta kohteesta eri tulokset. Tämä johtuu puhtaasti käytettävistä laskenta-arvoista. Toisella voi olla tarkemmat tiedot käytettävissä kuin toisella, mutta molempien tiedot ovat hyväksyttävät. Tähän kaivataan myös selkeyttä ja yhtenäisyyttä (Moilanen 2021.). Vastavaan ristiriitaan törmättiin tässä tutkimuksessa. Koska tässä tutkimuksessa käytettiin Ympäristöministeriön ohjetta, lähtökohtaisesti ensisijaisena arvona käytettiin VTT:n määrittämää taulukkoarvoa. Toissijainen arvo oli rakentamisen päästötietokannan lukema, koska tätä tietoa tullaan varmasti käyttämään jatkossa päästöjen määrittämiseen yleisarvona. Kolmantena tietona käytettiin rakennusmateriaalien ympäristöselosteita. Kaikista tarkin arvo on ympäristöseloste, koska se on määritetty juuri yhden tietyn materiaalin osalta ja siinä ei ole tehty mitään yleistyksiä. Ympäristöselosteet ovat kuitenkin tarjolla materiaalivalmistajien sivuilla ja ne täytyisi olla sertifioituja, jolloin niistä tulee luotettavia lähteitä. Muuten kyseisten ympäristöselosteiden tiedot pitää kyseenalaistaa.

On ymmärrettävää, että asia on vielä melko uusi ja uuden asian jalkauttamiseen kentälle menee vuosia. Silti olisi tärkeää, että kaikki tulokset olisivat todenmukaisia ja vertailukelpoisia. Näin pystyttäisiin käyttämään saatuja tuloksia hyödyksi jatkossakin. Työmailta saatavaa tietoa on käytettävä hyväksi laskentojen todenmukaisuutta ajatellen ja laskennoista on poimittava ne pisteet, jotka tuovat päästöjä eniten. Niiden määrittämisellä on suurin rooli rakentamisessa. Koska uudiskohteessa korostuu paljon betonin käyttäminen, tämä tutkimuksen korjauskohteessa korostui lattiapinnoitteet, purkutyöt ja talotekniikka. Näiden osuus oli kaikista suurin koko korjaushankkeen hiilijalanjäljestä. Näihin kyseisiin asioihin täytyy siis kiinnittää huomiota jatkoa ajatellen.

## 7 Johtopäätökset tuloksista

Tässä kehittämistutkimuksessa oli tarkoituksena tutkia konkreettisen esimerkin kautta, kuinka hyvin Ympäristöministeriön luomaa rakentamisen hiilijalanjäljen arviointityökalua voidaan hyödyntää korjausrakennuskohteessa ja onko hiilijalanjäljen arviointi todenmukainen. Tutkimuskysymykset, jotka tutkimuksen alussa määritettiin, ovat olleet kyseisen tutkimuksen perustana. Tutkimuksessa haettiin vastausta, että kuinka hyvin rakentamisen aikaisen hiilijalanjäljen arviointi sopii korjausrakennuskohteeseen. Tutkimuksessa saatiin tietoa hyvin hiilijalanjäljen arvioinnista korjausrakennuskohteeseen. Arviointi soveltuu korjauskohteeseen melko hyvin. Korjauskohteessa nousee esille erilaiset asiat kuin uudisrakentamisessa, joka antaa erilaisen näkökulman korjauskohteeseen. Asioita, joita pitää tarkentaa hiilijalanjäljen arvioinnissa korjauskohteessa on mielestäni useita. Tuloksista suurimpina hiilijalanjälkeen vaikuttavina tekijöinä tarkennuksia tarvitsee purkutyöt, talotekniikan osuus ja itse työmaan osuus. Tässä tutkimuksessa käytettiin hyväksytyjä taulukkoarvoja kyseisten asioiden määrittämiseen. Näitä täytyisi arvioida tarkemmin, ottaen huomioon korjausrakentamisen laajuus ja korjauskohteen yksilölliset ominaispiirteet. Olisi määritettävä tarkemmin, millaisesta korjausrakentamisesta on kyse, eli onko kyse pelkästään pintarakenteiden muutoksista vai vaikkapa perusteellisesti korjauksesta. Näin saataisiin aikaan luotettavampia tuloksia.

Tutkimuksessa purkutöiden osuus on rakentamisen päästötietokannasta saatu konservatiivinen arvo toimistorakennuksen purkutöille. Taustaraportissa on annettu arviointiväli ja purkamisen massamäärät erilaisille purkutöiden laajuuksille, esimerkiksi korjaustoimenpiteille ja täydelliselle purkamiselle. Nämä määrät on suhteutettu huoneistokuutiota kohti kg/rm<sup>3</sup> (Suomen ympäristökeskus 2021 a.). Vastaavanlaisille laajuuksille kuuluisi määrittää myös hiilijalanjälki. Näin ollen pystyttäisiin rajaamaan tilamuutosten yhteydessä sellaiset purkutyöt pois, joissa ei kosketa kantavaan runkorakenteeseen ollenkaan. Tarkennukset ohjaisivat purkutöiden osuutta tarkempaan suuntaan ja hiilijalanjäljen arvioinnista tulisi tarkempi. Myös purkutöiden osuus koko korjaushankkeen hiilijalanjäljestä pienentyisi.

Toinen vastaava asia on talotekniikan osuus koko korjaushankkeesta. Tässä tutkimuksessa tehtiin esimerkiksi lämmitysjärjestelmien taulukkoarvon määrässä pienennystä. Tästä asiasta ei ole vielä olemassa selkeää ohjeistusta, mutta esimerkiksi jos korjauskohteessa vaihdetaan vain uudet patterit lämmitysjärjestelmään, on mielestäni kohtuutonta, että taulukkoarvo, joka on määritetty koskemaan koko lämmitysjärjestelmää, otetaan koko määrällä huomioon. Kyseisen lämmitysverkoston osalta päästöt on suhteutettu pinta-ala neliöihin. Tässä kohteessa käytettiin lämmitysverkoston osalta vain puolta pinta-alasta, joka korjaa hiilijalanjäljen arviointia todenmukaisempaan suuntaan, koska vanhoille lämmitysverkoston

putkistoille ei tehty korjaushankkeessa mitään. Lisäksi talotekniset viemäriputkistot on laskettu vain koskemaan wc-tilojen neliöitä, koska muuten laskelma olisi vääristynyt. Tällaisiin epäkohtiin on saatava tarkennuksia, ennen kuin hiilijalanjäljen arviointia ollaan tuomassa rakennuslupaan pakolliseksi. Lisäksi elinkaariarvioinnissa on käytetty työmaan käytössä syntyvää päästöarviota taulukosta. Myös tämän osalta korjauskohteeseen pitäisi määrittää oma arvonsa, koska useasti työmaan käytössä oleva energia menisi muutenkin käyttöön ja lisäksi sosiaalililat pyritään usein löytämään valmiina. Sosiaalililat ovat usein kustannuskysymys, joten nämä pyritään aina löytämään jo käytössä olevista tiloista, jos vain mahdollista. Näiden erilaisten tarkennusten myötä Ympäristöministeriön hiilijalanjäljen arviointi-työkalu soveltuu myös korjausrakennushankkeen hiilijalanjäljen arviointiin.

### 7.1 Ennakkoon laskettu hiilijalanjälki

Toinen tutkimuskysymys oli, miten ennen rakentamista laskettu hiilijalanjälki eroaa toteutuksesta. Kun arvioidaan hanketta ennakkoon ja määritetään hankkeen hiilijalanjälkeä, käytössä on vain laskennan aikainen aineisto. Tämän laskennan aikaisen aineiston pohjalta haetaan myös rakennuslupaa ja lupakuvat eivät välttämättä vastaa toteutumaa. Hiilijalanjäljen arviointi ei ota millään tavalla kantaa mahdollisiin rakentamisen aikana tuleviin muutoksiin. Näiden muutosten laajuus voi olla hyvinkin suuri, jos vaikka muutetaan jotain tiettyä käytettävää materiaalia, esimerkiksi lattiapinnoitetta. Tämä muutos ei näy välttämättä suurena vaikuttavana tekijänä uudisrakentamisessa, koska sen hiilijalanjälkeä määrittää niin vahvasti rakentamisen runko ja elinkaariarvioinnissa käytön aikaiset energiat. Mutta esimerkiksi korjauskohteessa, jossa kantavaan runkoon ei tehdä muutoksia, pintamateriaalin vaihtaminen kesken rakennusprosessin voi tuoda suuriakin heittoja. Tässä tutkimuksessa oli lattiamateriaalin ja tasoituksen osuus koko hankkeen hiilijalanjäljestä 27 prosenttia ja vertailulaskelmassa se pieneni lähes neljännekseen alkuperäisestä, kun materiaali vaihdettiin parkettiin. Näin ollen korjauskohteessa rakennuttajat voisivat sortua huijaamiseen. Laaditaan ennen hanketta suunnitelmat ja hiilijalanjäljen arviointi niin, että saadaan projekti näyttämään mahdollisimman hyvältä hiilijalanjäljen arvioinnin osalta. Kun lupa on myönnetty ja hanketta ruvetaan toteuttamaan, vaihdetaankin materiaaleja sellaisiksi, kun halutaan ja hiilijalanjälki kasvaa merkittävästi koko hankkeen osalta. Tähän ainoa ratkaisu on se, että hiilijalanjälki ja elinkaariarviointi on tehtävä myös hankkeen jälkeen oikealla toteutumalla. Näin voidaan varmistaa, että hankkeen hiilijalanjäljen arviointi on mahdollisimman realistinen. Kyseinen hankkeen jälkeen tehtävä laskelma on erityisesti korjaushankkeen ominaispiirteisiin sopiva, koska korjausrakentamisessa muutosten mahdollisuus on reilusti suurempi kuin uudiskohteessa. Toteutuma ei välttämättä vastaa alkuperäistä arviointia millään tavalla, vaan se voi olla jotain ihan muuta. Muutosten määrä hankkeessa voi olla niin



suuri, että se ei vastaa alun perin ajateltua hiilijalanjäljen arviointia millään tavalla. Koska kyseessä onkin vain arviointi, se ei voikaan ikinä olla täysi eksakti.

Kolmantena ja täydentävänä tutkimuskysymyksenä aiempiin on, että pystytäänkö hiilijalanjäljen arviointia parantamaan vastaamaan todellista toteutumaa. Vastaus on aiempien johdopäätösten tulosta ja nähtävissä, että pystytään. Koska tässäkin tutkimuksessa on käytetty hyvin pitkälti valmiita taulukkoarvoja, joita saa arvioinnissa käyttää. Kaikki taulukkoarvot voidaan aina korvata tarkemmilla arvoilla, jos sellaisia on saatavilla. Aina ei kuitenkaan pystytä ja siksi on hyvä olla olemassa jo valmiiksi määritetyt taulukkoarvoja. Taulukkoarvojen avulla hiilijalanjäljen arviointi ei jää kesken ja pystytään saamaan suuntaa antavia lopputuloksia. Täytyy muistaa, että kyseessä on vain hiilijalanjäljen arviointi, eikä ikinä aivan tarkka lopputulos. Lisäksi täytyy muistaa, että erilaisista materiaaleista ja rakenteista on saatavilla eritasoisia tietoja ja arvoja. Näin ollen laskenta voi heittää paljonkin riippuen siitä, millaisia arvoja käytetään. Asiaan oli toivottu selkeyttä mm. isojen rakennusliikkeiden toimesta Rakennuslehden artikkelissa (Moilanen 2021.). Yksi vastaus voisi olla, että eri rakennetyypeille määritettäisiin hiilijalanjäljet ja niitä käytettäisiin arvioinnissa hyväksi. Tämä nopeuttaisi arvioinnin suorittamista huomattavasti. Näin tulokset voisivat pitkälti vakiintua ja tarkentua esimerkiksi asuntotuotannossa, jossa kerrostaloja tehdään hyvin pitkälti samanlaisten prosessien ja materiaalien kautta.

On ymmärrettävää, että varsinkin näin tuoreesta aiheesta halutaan tehdä mahdollisimman helppo, että saadaan aikaiseksi jotain tuloksia ja tulosten tarkkuuden rajaus on tässäkin tutkimuksessa ollut yksi olennainen osa laskennan tulosta. Näin ollen tuloksissa rajataan sellaisia tekijöitä pois, joilla ei ajatella olevan niin suurta merkitystä lopputulosten kannalta. Tällaisia ovat olleet muun muassa viimeistelyvaiheen töitä kuten listoitukset. Listoituksia ei ole ajateltu arvioinnissa olevan tarpeellinen osa kokonaisuutta. On huomioitavaa, että varmastikin uudiskohteessa, jossa on esimerkiksi betonirakentamista, listoitukset eivät ole prosentuaalisesti yhtään mitään. Korjausrakentamisessa korostuu kumminkin suurempaan osaan erilaiset tilaratkaisut ja materiaalit, jolloin laskentaa kuuluisi tarkentaa myös täydentävien rakennusmateriaalien osalta. Kyseiset rajaukset kuuluisivatkin rajata eri tavalla korjauskohteessa, esimerkiksi neliömäärän mukaisesti. Näin hiilijalanjäljen arviointia voitaisiin tarkentaa rajausohjeiden puitteissa.

## 8 Pohdinta

Tutkimuksen aiheena oli tutkia korjausrakennushankkeen hiilijalanjälkeä esimerkkityömaan avulla. Tässä tutkimuksessa ei otettu millään lailla kantaa mahdollisiin kustannusvaikutuksiin tai muutenkaan muihin asioihin. Koska kyseessä oli toimistotilan remontointi, monesti toimistotiloissa erityispiirteenä on rakenteiden akustiset ominaisuudet ja niiden ratkaisut. Toimistotilojen täytyy olla mahdollisimman hiljaiset, että käyttäjät pystyvät tekemään työnsä keskeytyksettä. Tämä korostuu varsinkin rakenteiden pintamateriaalien määrittämisessä. Akustiikalle ominaista on pintojen äänien heijastuvuus mitä enemmän materiaalin pinta pysyy "imemään" ääntä itseensä, sitä paremmin se vastaa tarpeeseen. Täytyy muistaa, että mahdollisesti pienemmän hiilijalanjäljen omaava materiaali ei välttämättä ole toiminnallisilta ominaisuuksiltaan paras ratkaisu. Se ei myöskään välttämättä ole kustannustehokkain ratkaisu. Kustannustehokkuutta pystytään pohtimaan myös materiaalin kestävyuden kannalta. Vaikka joku materiaali olisi hyvä ja halpa, se voi pitkällä aikavälillä tulla kalliimmaksi kuin kallis ja kestävä materiaali. Tämä täytyisi aina muistaa materiaaleja valittaessa. Se lisää myös materiaalin hiilijalanjälkeä, jos materiaalia joudutaan vaihtamaan rakennuksen käyttöajan aikana.

Rakentamisen hiilijalanjäljen arviointia pohdittaessa on huomioitava, että kyseessä on niminomaan arviointi. Tämä on muistettava läpi prosessin. Arviointi ei tuota tarkkaa tulosta, vaan on suuntaa antava viitteellinen tieto. Arviointi ohjaa tekemään oikeita valintoja ja päätöksiä ennen prosessia ja hanketta. Myös hankkeen aikana voi tehdä muutoksia. Päätöksiä pitää tehdä kohti hiilineutraalia rakentamista. Esimerkiksi tämän hankkeen vertailulaskelma antaa siihen viitteitä, millä tavoin hiilijalanjälkeä voitaisiin vähentää korjaushankkeessa ja tulokset ovat merkittävät. Toki kaikki valinnat eivät palvele kohteen käyttötarkoitusta, mutta edes osittain toteutettavilla ratkaisuilla mentäisiin oikeaan suuntaan.

Jos ajatellaan rakennuslupaa ja sen hakemista ennen rakentamista, hiilijalanjälkiarvioinnin on oltava mukana jo lupavaiheessa. Se tarkoittaa, että hiilijalanjälkiarviointiin on määritettävä kaikki käytettävät materiaalit ja niiden määrät. Tämä tarkoittaisi, että rakennuttajalla on jo ennen rakennusprosessia itsellään tiedossa materiaalimenekit. Näin ollen rakennuttaja pystyisi tarjoamaan materiaalimäärät urakoitsijoiden laskentavaiheeseen. Tämä olisi helppointa toteuttaa esimerkiksi tietomallinnuksen avulla, jolloin tietomallista saatavilla määrillä pystyttäisiin tarjoamaan hiilijalanjäljen arviointiinkin tarvittavat materiaalimäärät ja massat. Tietomallinnuksen käyttö voikin yleistyä rakennushankkeissa tätä kautta, koska se on kustannustehokkain suunnittelun vaihtoehto, jos myös materiaalien määrät on laskettava.

Ympäristöministeriön hiilijalanjäljen arviointi-työkalu on vasta kokeiluvaiheessa ja se ei ole vielä valmis. Osa tutkimuksen aiheesta oli opetella käyttämään luotua työkalua ja pohtia

sen parantamista. Lopullisessa arviointityökalussa on oltava paremmat muuntomahdollisuudet ja valinnanvara. Tällä hetkellä työkalu on pääpiirteittäin rakennettu uudiskohteiden tarpeisiin ja ei ota huomioon niinkään täydentäviä rakennusosia. Lisäksi vaihtoehdot eri rakennusosien ja materiaalien osalta on vielä hyvinkin pienet. Näihin kohtiin on tultava enemmän muutosmahdollisuutta, että laskenta toimii paremmin hankkeessa kuin hankkeessa. Lisäksi materiaaleista pitäisi olla tarkempaa tietoa tarjolla ja esimerkiksi vaihtovälien määrittämistä työkalussa pitäisi pystyä määrittämään tai muuttamaan helpommin. Näin laskentaa pystyisi tarkentamaan vastaamaan paremmin toteutumaa.

Suomen pääseminen hiilineutraaliksi valtioksi vuoteen 2035 mennessä on erittäin kunnianhimoinen tavoite. Rakentamisen osalta se tarkoittaa uusia innovaatioita seuraavan vuosikymmenen aikana, jotta tämä tavoite olisi edes teoriassa mahdollista. Päästöjen vähentäminen sen sijaan on realismia oikeilla valinnoilla ja päästöjen tippuminen noin 20 prosenttiin nykytilanteesta on varmasti saavutettavissa vuoteen 2035 mennessä. Esimerkiksi tässä tutkimuksessa käytetty vertailulaskelma osoittaa, että oikeilla materiaalivalinnoilla pystytään pienentämään korjausrakentamisen hiilijalanjälkeä merkittävästi ja samalla myös hiilikädenjälki paranee. Tärkeintä on, että asiaan on herätty ja sille pyritään jatkossa tekemään jotain. Tämä täytyisi saada myytyä myös kaikille rakennusalan osaajille oikealla tavalla. Kustannukset kumminkin määrittävät rakennusala ja sen kilpailua, eikä eettisyydellä ole merkitystä. Seuraavan vuosikymmenen aikana tilanne voi kumminkin kääntyä ja ihmisten arvot voivat muuttua, jolloin ympäristön suojeleminen ja päästöjen vähentäminen nousee arvokkaimmaksi tekijäksi.

Rakennetun ympäristön osuus Suomen kasvihuonepäästöistä on noin 30 prosenttia, joten se vaikuttaa merkittävästi koko Suomen hiilineutraalisuuteen. Koko Ympäristöministeriön tavoite vuoteen 2025 mennessä tulevasta rakennuksen ilmastonselvityksestä on yksi maankäytön ja rakennuslain uusista muutoksista. Tärkein uudistus on hiilijalanjäljen raja-arvojen asettaminen vuoteen 2025 mennessä. Raja-arvoilla on tarkoitus ohjata kohti vähäpäästöisempää rakentamista ja se varmasti laittaa rakennuttajat ja suunnittelijat ajattelemaan oikeaan suuntaan. Vielä ei ole tiedossa, mitkä nämä raja-arvot ovat, mutta todennäköisesti se tullaan suhteuttamaan rakennuksen pinta-alaan tai tontin pinta-alaan. Näin ollen osa rakennuksen osista ja materiaaleista voi olla vähäpäästöisempiä ja toiset enemmän luontoa haittaavia osia. Raja-arvoja täytyy kehittää niin, että ne palvelevat korjausrakentamisen hankkeita ja raja-arvot täytyy ottaa huomioon koko rakennuksen elinkaaren ajalta, eikä pelkästään rakentamisen aikainen hiilijalanjälki. Yleinen luulo esimerkiksi uudisrakentamisessa, että puurunkoisen kerrostalon hiilijalanjälki olisi huomattavasti parempi kuin betonirunkoisen ei välttämättä pidä paikkaansa, jos tarkasteluun otetaan mukaan koko rakentamisen elinkaari. Betonin ylivoimaiset lämmönsitomisoimaisuudet tuovat rakentamisessa

syntynyttä hiilijalanjälkeä huomattavasti lähemmäs toisiaan, kun tarkastellaan rakennuksia sen koko elinkaaren aikana. Tämän takia on tärkeää, että ilmastaselvityksessä ei tarkastella pelkästään yhtä elinkaaren moduulia vaan koko kokonaisuutta. On myös yhtä tärkeää, että moduulin sisällä voidaan tarkastella eri ratkaisuja ja vertaillaan niitä keskenään. Yhtä ainoa oikeaa ratkaisua ei tässäkään kohdassa ole, vaan useiden ratkaisujen summa tuo parhaan mahdollisen lopputuloksen.

## Lähteet

- Are Oy. Tietoa Aresta. www-sivusto. viitattu 7.10.2021. Saatavissa <https://www.are.fi/tieto-aresta/>
- Bionova 2020. Rakennusalan päästölaskennan menetelmät ja ohjeistus Tampereen kaupungille. Raportti. Viitattu 7.10.2021 Saatavissa <https://6aika.fi/wp-content/uploads/2020/12/Rakennusalan-paastolaskennan-menetelmat-ja-ohjeistus-Tampereen-kaupungille-raportti-11.6.2020.pdf>
- epd-norge.no 2017. Environmental product declaration Parafon ceiling. Ympäristöseloste. Viitattu 7.11.2021 Saatavissa [https://www.epd-norge.no/getfile.php/137081-1603096164/EPDer/Byggevarer/Bygningsplater/NEPD-1258-404\\_Exclusive--Classic--Nordic--Royal--Direct--Vital--Classic-Colortone--Palette--Step--Hygiene--Clinic--Clean--Prime--Royal-Baffle--Singel--Circle.pdf](https://www.epd-norge.no/getfile.php/137081-1603096164/EPDer/Byggevarer/Bygningsplater/NEPD-1258-404_Exclusive--Classic--Nordic--Royal--Direct--Vital--Classic-Colortone--Palette--Step--Hygiene--Clinic--Clean--Prime--Royal-Baffle--Singel--Circle.pdf)
- Gaia news 2019. Building a roadmap towards low-carbon construction. www-sivusto. Viitattu 23.10.2021. Saatavissa <https://www.gaia.fi/news-archive/building-a-roadmap-towards-low-carbon-construction/>
- Green Building Council Finland. Vähähiilisen rakentamisen neuvontapalvelu. www-sivusto. Viitattu 20.11.2021. Saatavissa <https://elinkaarilaskenta.fi/>
- Gyproc. Gyproc GEK13 Erikoiskova. www-sivusto. Viitattu 20.11.2021. Saatavissa <https://www.gyproc.fi/tuotteet/kipsilevyt-ja-muut-levyt/sis%C3%A4sein%C3%A4levyt/erikoiskova-sis%C3%A4verhouslevy/gyproc-gek-13-erikoiskova>
- Häkkinen, T. 2020. Report – processes- demolition. Raportti. Viitattu 23.10.2021. Saatavissa <https://www.co2data.fi/reports/Process-demolition.pdf>
- Keski-Suomen museo 2013. Jyväskylän Kauppakadun historiaa. www-sivusto. Viitattu 6.10.2021. Saatavissa <http://kauppakadunlaudatur.fi/aren-aukio/>
- Kotilehto, J. 2021. Uusi tapa laskea rakennuksen hiilijalanjälki testissä Asuntomessuilla Lohjalla. Artikkel. Viitattu 28.11.2021. Saatavissa <https://rakennusmaailma.fi/uusi-tapa-laskea-rakennuksen-hiilijalanjalki-testissa-asuntomessuilla-lohjalla/>
- Kuittinen, M. 2016. Carbon footprinting in humanitarian construction. sivu 2. Unigrafia. Viitattu 4.10.2021. Saatavissa <https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/21260/isbn9789526067131.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Moilanen, H. 2021. Vähähiilisyden arviointimenetelmään kaivataan selkeyttä. Artikkel. Viitattu 28.11.2021. Saatavissa <https://www.rakennuslehti.fi/2021/05/vahahiilisyden-arviointimenetelmaan-kaivataan-selkeytta/>
- Open Building co. 2021. Working with proven principles. Viitattu 6.11.2021. Saatavissa <https://www.openbuilding.co/manifesto>
- Openco2. Mitä hiilijalanjäljellä tarkoitetaan. www-sivusto. Viitattu 8.10.2021. Saatavissa <https://www.openco2.net/fi/taustaa>
- Pernaa, J. 2013. Kehittämistutkimus tutkimusmenetelmänä. Viitattu 6.10.2021. Saatavissa [https://tuhat.helsinki.fi/ws/files/127650174/2013\\_Pernaa\\_KT\\_tutkimusmenetelmana\\_KT\\_kirja.pdf](https://tuhat.helsinki.fi/ws/files/127650174/2013_Pernaa_KT_tutkimusmenetelmana_KT_kirja.pdf)
- Rakennusteollisuus RT 2021. Korjausvelka. www-sivusto. Viitattu 6.10.2021. Saatavissa <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Korjausrakentaminen1/Korjausvelka/>
- Rakennusteollisuus RT 2021a. Rakennusteollisuus laatii tiekartan vähähiiliseen rakentamiseen. www-sivusto. Julkaistu 21.11.2019. Viitattu 23.10.2021. Saatavissa <https://www.rakennusteollisuus.fi/Ajankohtaista/Tiedotteet1/2019/rakennusteollisuus-laatii-tiekartan-vahahiiliseen-rakentamiseen/>
- Rakennusteollisuus RT 2020b. Vähähiilisyden tiekartta. www-sivusto. Viitattu 23.10.2021. Saatavissa <https://www.rakennusteollisuus.fi/tiekartta>
- Rakennusteollisuus RT 2020c. Low carbon road map of construction industry. Yhteenveto. Viitattu 23.10.2021. Saatavissa [https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/ymparisto-ja-energia/vahahiilisyys\\_uudet/rt-low-carbon-roadmap-summary-2020-08-20.pdf](https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/ymparisto-ja-energia/vahahiilisyys_uudet/rt-low-carbon-roadmap-summary-2020-08-20.pdf)
- Rakennusteollisuus RT d. Rakennettu ympäristö ja ilmastonmuutos. www-sivusto. Viitattu 1.10.2021. Saatavissa <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/Materiaalitehokkuus/>
- Rakennustieto RTS a. RTS EPD-ympäristöseloste. www-sivusto. Viitattu 23.10.2021. Saatavissa <https://cer.rts.fi/epd-ymparistoseloste/>
- Rakennustieto RTS b. EPD-verifiointi. www-sivusto. Viitattu 7.11.2021. Saatavissa <https://cer.rts.fi/epd-ymparistoseloste/epdn-verifiointi/>
- Rudus. Betoni hiilinieluna. www-sivusto. Viitattu 7.11.2021. Saatavissa <https://www.rudus.fi/vastuullisuus/betoni-hiilinieluna>
- Sanastokeskus. Hiilidioksidiekvivalentti. www-sivusto. Viitattu 8.10.2021. Saatavissa <https://termipankki.fi/tepa/fi/haku/hiilidioksidiekvivalentti>

SFS-EN 15978 2012. Sustainability of construction works. Assessment of environmental performance of buildings. Calculation method. Helsinki. Suomen Standardisoimisliitto

Suomen YK-liitto. Hiilidioksidipäästöt asukasta kohden Suomi. www-sivusto. Viitattu 27.11.2021. Saatavissa <https://www.globalis.fi/Tilastot/co2-paeaestoet-per-asukas?country=232>

Suomen Ympäristökeskus 2021. Rakentamisen päästötietokanta. www-sivusto. Viitattu 23.10.2021. Saatavissa <https://www.co2data.fi/>

Suomen Ympäristökeskus 2021a. Rakentamisen päästötietokanta, purkaminen. www-sivusto. Viitattu 4.12.2021. Saatavissa <https://www.co2data.fi/reports/Process-demolition.pdf>

UPM. Hiilensidonta. www-sivusto. Viitattu 7.11.2021. Saatavissa <https://www.upmmetsa.fi/tietoa-ja-tapahtumia/tietoartikkelit/hiilensidonta/>

Yle 2021. Maailman ensimmäinen erä fossiilivapaata terästä on valmiina. Uutinen. Viitattu 23.10.2021. Saatavissa <https://yle.fi/uutiset/3-12062634>

Ympäristöministeriö 2021a. Rakentaminen ja maankäyttö. Viitattu 4.10.2021. www-sivusto. Saatavissa <https://ym.fi/rakentaminen-ja-maankaytto>

Ympäristöministeriö 2021b. Hallituksen ilmastopolitiikka: kohti hiilineutraalia Suomea 2035. www-sivusto. Viitattu 4.10.2021. Saatavissa <https://ym.fi/hiilineutraalisuomi2035>

Ympäristöministeriö 2021c. Ehdotus ympäristöministeriön asetukseksi rakennuksen ilmastoselvityksestä. www-sivusto. Viitattu 4.10.2021. Saatavissa <https://www.lausuntopalvelu.fi/FI/Proposal/Participation?proposalId=0b297461-cdee-4657-9a4e-d2791315257d>

Ympäristöministeriö 2019d. Johdatus rakennusten elinkaariarviointiin. Viitattu 8.10.2021. Saatavissa [https://elinkaari-laskenta.fi/wp-content/uploads/sites/6/2019/08/johdatus\\_rakennusten\\_elinkaariarviointiin.pdf](https://elinkaari-laskenta.fi/wp-content/uploads/sites/6/2019/08/johdatus_rakennusten_elinkaariarviointiin.pdf)

Ympäristöministeriö 2019e. Rakennuksen vähähiilisyys arviointimenetelmä. Viitattu 8.10.2021. Saatavissa <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/161761>

Ympäristöministeriö 2015f. Rakennusluvan hakeminen. Viitattu 6.11.2021. Saatavissa <https://www.ymparisto.fi/fi-fi/asiointi-lyvat-ja-ymparistovaikutusten-arviointi-lyvat-ilmoitukset-ja-rekisterointi/maankayton-ja-rakentamisen-lyvat/rakennusluvan-hakeminen>

Ympäristöministeriö 2019g. Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu. laskentataulukko.  
Viitattu 20.11.2021. Saatavissa <https://elinkaarilaskenta.fi/>

Ympäristöministeriö h. Suomen Rakentamismääräyskokoelma: Rakenteiden lujuus ja vakaus. Säädos. Viitattu 27.11.2021.



# Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu

Luonnos hiilijalanjäljen arvioinnin testausta varten 9.12.2019

## Yhteenveto

### Lähtötiedot

Rakennuskohteen tiedot	Kohteen nimi*	Kolmikulman toimistomuutokset 3- ja 5-kerros
	Rakennustunnus	179-3-48-13
	Osoite	Puistokatu 2
	Rakennustyyppi	Liikerakennukset
Rakennuksen tekniset tiedot	Kerrosala [km <sup>2</sup> ]	1 370
	Lämmitetty nettoala [m <sup>2</sup> <sub>netto</sub> ]*	1 370
	Kerrosten lukumäärä	6
	Kellarikerrosten lukumäärä	1
	Pääasiallinen runkomateriaali	Betoni
Laskennan tiedot	Energialuokka	
	Laskenta-ajanjakso*	50
	Arvioinnin tekovaihe	Rakennuslupa
	Käytetty arviointitapa	Yksinkertaistettu
	Rakennuksen arvioitu käyttöönottovuosi*	2021

\*pakollinen tieto

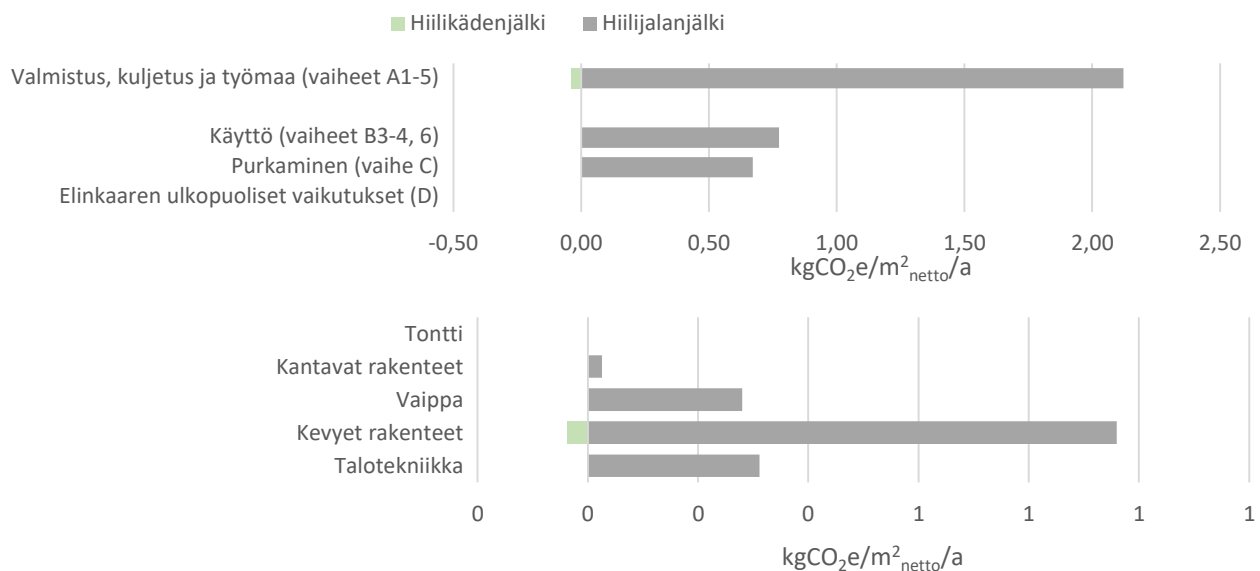
### Arvioinnin tekijät

	Arvioinnin laatija	Arvioinnin tarkastaja
Nimi	Juho Minkkinen	
Yritys	Are Oy	
Koulutus	Rakennusinsinööri (AMK)	
Päivämäärä	25.9.2021	

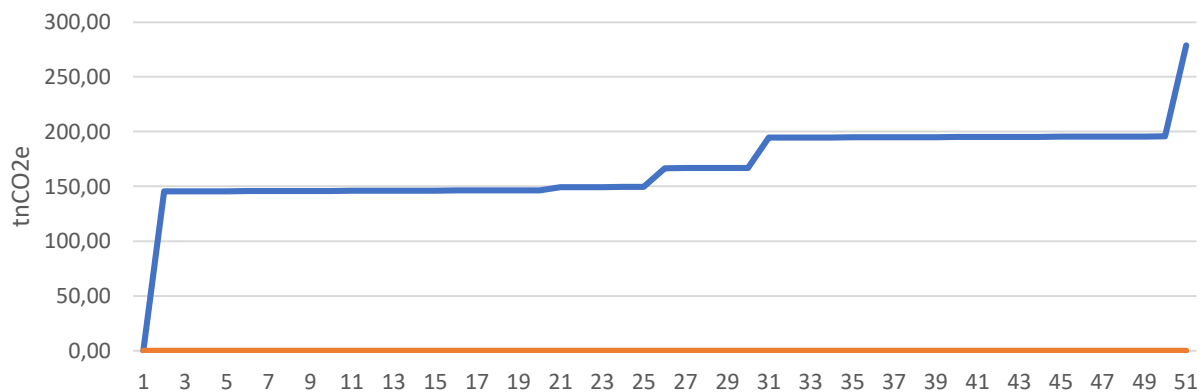
# Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu

Luonnos hiilijalanjäljen arvioinnin testausta varten 9.12.2019

Elinkaariarvioinnin tulokset	Hiilijalanjälki	Hiilikädenjälki
	tn CO <sub>2</sub> e	tn CO <sub>2</sub> e
Elinkaaren aikana syntyvät kokonaispäästöt (A-D)	245	-3
	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> <sub>netto</sub> /a	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> <sub>netto</sub> /a
Vuotuiset päästöt lämmitettyä nettoalaa kohden (A-D)	3,57	-0,04
Valmistus, kuljetus ja työmaa (vaiheet A1-5)	2,12	-0,04
Tontti		
Kantavat rakenteet	0,03	
Vaippa	0,28	
Kevyet rakenteet	0,96	-0,04
Talotekniikka	0,31	
Käyttö (vaiheet B3-4, 6)	0,77	
Purkaminen (vaihe C)	0,67	
Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset (D)		



## Kumulatiiviset vuotuiset päästöt



## Materiaaliluettelo

Syötä rakennuksen materiaalitiedot alla olevaan listaan esim. Määräluetteloon perustuen. Hiilijalanjäljen ja -kädenjäljen päästöt muodostuvat automaattisesti, kun määrät on syötetty. Lisää tarvittaessa rivejä kunkin otsakkeen alle 'Lisää rivi' -napilla. Jos tarkempi päästötieto jollekin tuotteelle tai materiaalille on olemassa, voit syöttää sen painamalla 'Korvaa taulukkoarvoja tarkemmilla tiedoille' -nappia.

Littera	Rakennusosa	Materiaalin tyyppi	Materiaali	Määrä	yks	kgCO <sub>2</sub> e		a	kpl	kgCO <sub>2</sub> e
						Hiilijalanjälki	Hiilikädenjälki			
<b>Tontti (1.1. Alueosat)</b>										
<b>Total</b>										
<b>Kantavat rakenteet (1.2.1-1.2.3 Talo-osat)</b>										
1311	Väliseinien teräsrankarunko	PILARIT JA PALKIT	Teräsranka, kuumasinkitty	630	kg	1 756				Ei vaihdeta
<b>Total</b>						1 756				
<b>Vaippa (1.2.4-1.2.6 Talo-osat)</b>										
1111	Kaikki purkutyt Materiaali yms väärä.	LÄMMÖNERISTEET	EPS	1 370	kg	19 180				Ei vaihdeta
<b>Total</b>						19 180				
<b>Kevyet rakenteet (1.3 Tilä-osat)</b>										
1311	väliseinä, gyproc GN13	LEVYT	kipsilevy	11 088	kg	4 646			50	
1311		LÄMMÖNERISTEET	Eriste, vuorivilla	757	kg	777				Ei vaihdeta
1311	Väliseinä	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	345	kg	32	-535			Ei vaihdeta
1311	väliseinä, gyproc GEK13	LEVYT	kipsilevy	12 256	kg	5 136			50	
1311	väliseinä, havuvaneri 12mm	LEVYT	vaneri	409	kg	116	-671		50	
1315	puuväliovet	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	Ovi, sisä	78	m2	2 716			50	
1242	sisälasi-ikkunat/ikkunat	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	Ikkunat, Puuikkuna, sisältää myös lasit	6	m2	480			50	
1316	sisäteräsovet	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	Ovi, ulko metalli	21	m2	422			50	
1321	lattian tasointu	LATTIAPÄÄLLYSTEET JA BETONIT	Lattiatbetoni	4 110	kg	637				Ei vaihdeta
1321	vinyyliinankku	LATTIAPÄÄLLYSTEET JA BETONIT	muovimatto	2 365	kg	3 301			30	1 3 301
1325	vedeneristys wc-suihku	KOSTEUSERISTE	Kosteussulku	70	kg	210				Ei vaihdeta
1325	seinien 2xmaalaus	MAALIT JA TASOITTEET	Maali, sisä, vesiohenteinen	1 677	kg	2 750			20	2 5 501
1325	seinien tasointu	MAALIT JA TASOITTEET	Tasoite, sementtipohj.	494	kg	92			30	1 92



**Valmistus, kuljetus ja työmaa -vaiheiden päästöjen arviointi (A)**

	Hiilijalanjälki	Hiilikädenjälki
	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> <sub>netto</sub> /a	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> <sub>netto</sub> /a
<b>Ennen käyttöä syntyvät päästöt yhteensä</b>	<b>2,12</b>	<b>-0,04</b>
<b>Valmistus ja kuljetusvaihe (A1-4)</b>	<b>1,58</b>	<b>-0,04</b>
Tontti		
Kantavat rakenteet	0,03	
Vaippa	0,28	
Kevyet rakenteet	0,96	-0,04
Talotekniikka	0,31	

Valmistusvaiheen päästöjen tulokset muodostuvat automaattisesti välilehdellä 'Materiaaliluettelo' annettujen arvojen perusteella.

<b>Työmaatoiminnot (A5)</b>	<b>0,55</b>	
-----------------------------	-------------	--

Työmaatoimintojen arvot perustuvat neliömetrikohtaiseen taulukkoarvoon.

## Käyttövaiheen päästöjen arviointi (B)

	Hiilijalanjälki	Hiilikädenjälki
	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> <sub>netto</sub> /a	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> <sub>netto</sub> /a
Käytön aikana syntyvät päästöt yhteensä	0,77	

Energiankäyttö (B6)	Energiankulutus (kWh/m <sup>2</sup> <sub>netto</sub> /a)	
Sähkö		-
Kaukolämpö		-
Fossiiliset polttoaineet		-
Uusiutuvat polttoaineet		

Ylijäämäenergia	Energian tuotanto (kWh/m <sup>2</sup> <sub>netto</sub> /a)	
Sähkö		Verkkoon syötetty uusiutuvilla polttoaineilla tuotettu sähkö
Lämpö		Verkkoon syötetty uusiutuvilla polttoaineilla tuotettu lämpö

Syötä yllä olevaan listaan rakennuksen laskennallinen vuotuinen ostoenergian kulutus energiaselvityksen tai vastaavan laskelman pohjalta. Energiankäytön päästöt muodostuvat automaattisesti eri energiamuotojen päästötietojen perusteella, kun kulutus on syötetty. Energiamuotojen päästökertoimia ei voi muuttaa.

Verkkoon syötetty, tontilla tuotettu, uusiutuva energia huomioidaan kiinteistön hiilikädenjäljessä. Syötä vuotuinen ylijäämäenergia erikseen yllä oleviin kenttiin.

## Elinkaaren lopun päästötiedot

	Hiilijalanjälki	Hiilikädenjälki
	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> <sub>netto</sub> /a	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> <sub>netto</sub> /a
<b>Elinkaaren lopussa syntyvät päästöt yhteensä</b>	<b>0,67</b>	
<b>Purkaminen (C1)</b>	<b>0,16</b>	
Päästötiedot pohjautuvat taulukkoarvoihin.		
<b>Kuljetukset (C2)</b>	<b>0,20</b>	
Päästötiedot pohjautuvat taulukkoarvoihin.		
<b>Purkujätteen loppukäsittely ja sijoitus (C3-4)</b>	<b>0,31</b>	
Päästötiedot pohjautuvat taulukkoarvoihin.		
<b>Elinkaaren ulkopuolella syntyvät hyödyt (D)</b>		

Jos uudelleenkäytön tai kierrätyksen avulla vältetyt nettopäästöt on laskettu, syötä tarkemmat tiedot oheisen painikkeen avulla. Muussa tapauksessa elinkaaren ulkopuolisia vaikutuksia ei huomioida.

## LASKENTALOMAKE

Laskija Juho Minkkinen

kohde Kolmikuima 3. ja 5. kerros  
työaika 5/2021 - 12/2021

pvm 26.09.2021

LITT.	NIMIKE	MÄÄRÄ	YKS	massa/yksikkö	pinta-ala	pituus	kgCO2e	YHTEENSA massa	EPD
	Perustietoja								
	yläkerta pinta-ala	210	m2						
	alakerta	1160	m2						
	<b>Purkutyöt</b>	1370	m2				14		
	asbestipurku (lattiasoite 400m2)	1	erä						C02data.fi ei huomioida laskennassa
	<b>Väliseinät</b>								
	Uudet väliseinät								
	5 kerros VS2 63jm	164	m2						
	GEK13+GN13+teräsranka+acounomic reunat+ min villa 50mm+gn13+GEK13								
	GN13	328	m2	8,4	kg			2755,2	kg
	GEK13	328	m2	9,9	kg			3247,2	kg
	Teräsranka	231	jm	0,68	kg			157,08	kg
	villa 50mm	164	m2	1,4	kg			229,6	kg
	5 kerros VS4 13jm	34	m2						
	GN13	68	m2	8,4	kg			571,2	kg
	GEK13	68	m2	9,9	kg			673,2	kg
	Teräsranka	34	jm	0,68	kg			23,12	kg
	villa 50mm	34	m2	1,4	kg			47,6	kg
	havuvaneri 12mm	34	m2	6,2	kg			210,8	kg
	3kerros VS1 52jm	136	m2						
	GN13	272	m2	8,4	kg			2284,8	kg
	3kerros VS2 133jm	294	m2						
	GEK13+GN13+teräsranka+acounomic reunat+ min villa 50mm+gn13+GEK13								
	GN13	588	m2	8,4	kg			4939,2	kg
	GEK13	588	m2	9,9	kg			5821,2	kg
	Teräsranka	487	jm	0,68	kg			331,16	kg
	villa 50mm	294	m2	1,4	kg			411,6	kg
	3kerros VS3 13jm	33,8	m2						
	GEK13	68	m2	9,9	kg			673,2	kg
	3kerros VS4 12,2jm	32	m2						
	GN13	64	m2	8,4	kg			537,6	kg
	GEK13	64	m2	9,9	kg			633,6	kg
	Teräsranka	32	jm	0,68	kg		3,02	21,76	kg
	villa 50mm	32	m2	1,4	kg			44,8	kg
	havuvaneri 12mm	32	m2	6,2	kg			198,4	kg
	3kerros VS5	17	m2						
	GEK13	17	m2	9,9	kg			168,3	kg

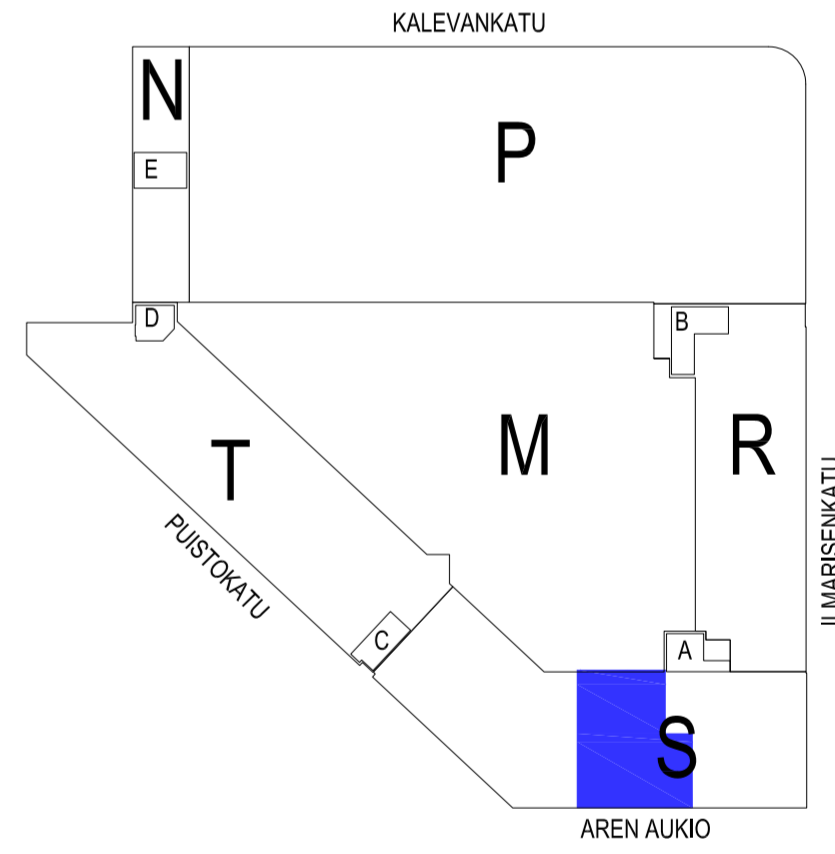
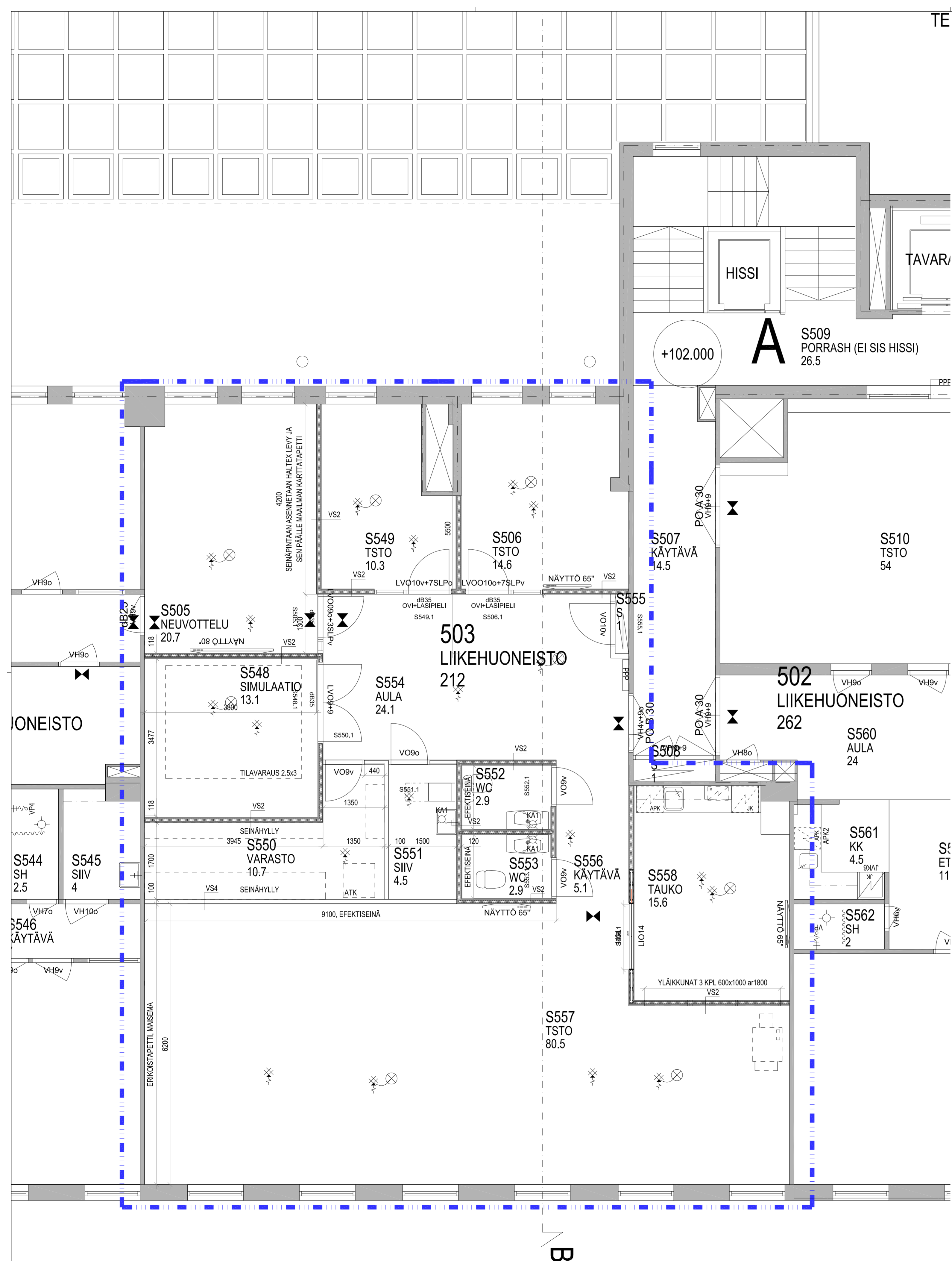
[https://www.gyproc.fi/sites/gypsum.nordic\\_master/files/gyproc-site/document-files/fi/EPD\\_Gyproc\\_Steel.pdf](https://www.gyproc.fi/sites/gypsum.nordic_master/files/gyproc-site/document-files/fi/EPD_Gyproc_Steel.pdf)



Teräsranka	17	jm	0,68	kg					3,02		11,56	kg	
villa 50mm	17	m2	1,4	kg							23,8	kg	
Kertopuu kaikki	300	jm	1,15	kg							345	kg	
<b>Väliovet</b>													
<b>Puuovet ovikaavion mukaan</b>													
yhteensä	41	kpl			1,89						77,49	m2	
32+9													
lasisähköpielet	3	kpl			1,2						3,6	m2	
<b>Liukuovet ovikaavion mukaan</b>	1	kpl			4						4	m2	
<b>Metalliovet ovikaavion mukaan</b>													
yhteensä													
6kpl	6	kpl			3,5						21	m2	
neuvotteluhuoneen jakava taiteovi, ääneners-tyluokka on 46dB, ovi yläkantoinen ja 1- osainen, laminaattipintainen esim. mallia FP-tuote	1	kpl			12						12	m2	
Varastoon S321 tulee seinän sisään liukuva umpiliukuovi.	1	kpl			3						3	m2	
<b>Lattiapinnat ja laatoitukset</b>													
<b>Lattioiden pintarakenteet</b>													
lattioiden tasoitus (minimi 2mm,1370m1,5kg/mm)	1	erä	4110	kg							4110	kg	
Vinyylilankku	275	m2	8,6	kg							2365	kg	
Varastoihin ja siivouskomeeroihin Polyflor Standard XL 1,5 mm, marmorikuvioitu, homogeeninen muovimatto.	35	m2	7,5	kg							262,5	kg	
allaslaatoitukset	11	m2	18	kg							198	kg	
vedeneristeet	1	m2	70	kg	67						70	kg	
Laatoitukset lattia,	50	m2	18	kg							900	kg	
laatoitukset seinät	17	m2	18	kg							306	kg	
1 laattarivi seinälle nostettuna	70	jm	2	kg							140	kg	
silikonisaumat	50	jm	0,03	kg							1,5	kg	ei huomioida laskennassa
Tekstiililaatat	985	m2	3,72	kg				6,5			3664,2	kg	co2data, polyamidi tekstiilimatto
Listoitukset	1100	jm											ei huomioida laskennassa
<b>Sisäkattorakenteet</b>													
Otsat	100	jm											
GEK13	50	m2	9,9	kg							495	kg	
Teräsranka	80	jm	0,68	kg							54,4	kg	
<b>Alakatot</b>													
Tiia 503													
Villakatto 40mm	192	m2	4,17	kg				2,5	1,32*1,9		800,64		<a href="https://p-cdn.rockfon.com/siteassets/commerce/fi/files/documents/ymparistoselosteet-epd/ymparistoselosteet-epd.pdf?f=20200914154404&amp;qa=2.216652766.935232257.1632574181-2133742835.1632574181">https://p-cdn.rockfon.com/siteassets/commerce/fi/files/documents/ymparistoselosteet-epd/ymparistoselosteet-epd.pdf?f=20200914154404&amp;qa=2.216652766.935232257.1632574181-2133742835.1632574181</a>

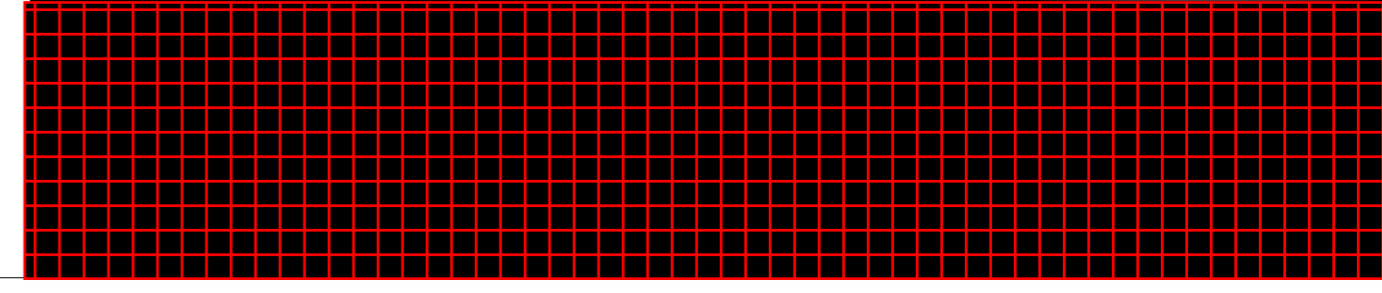


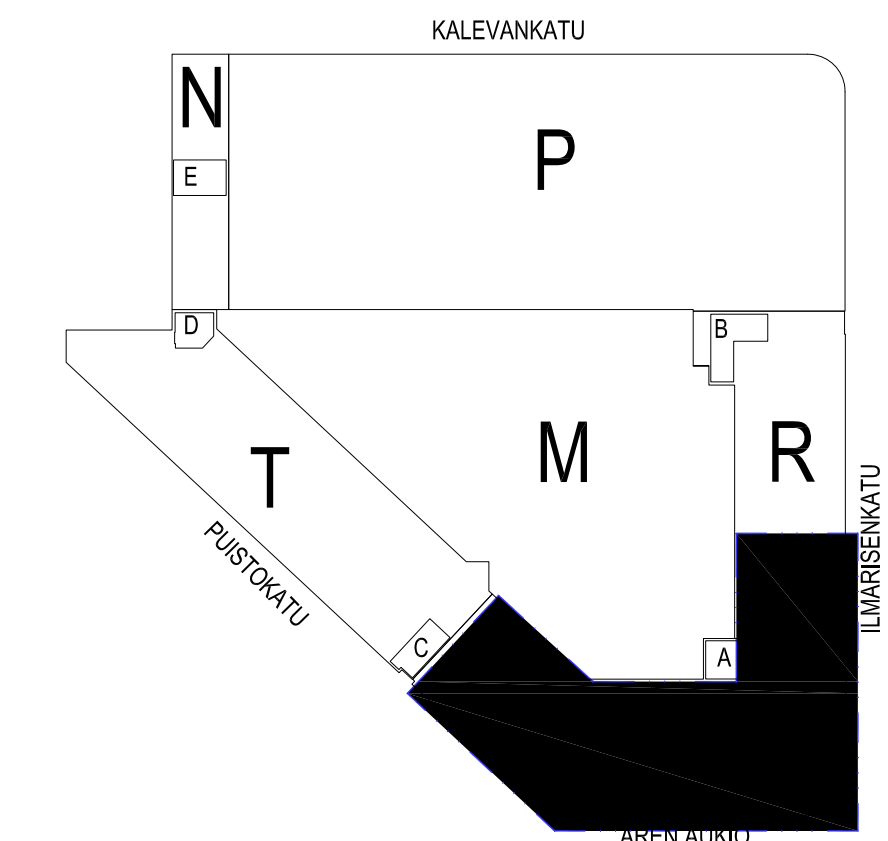
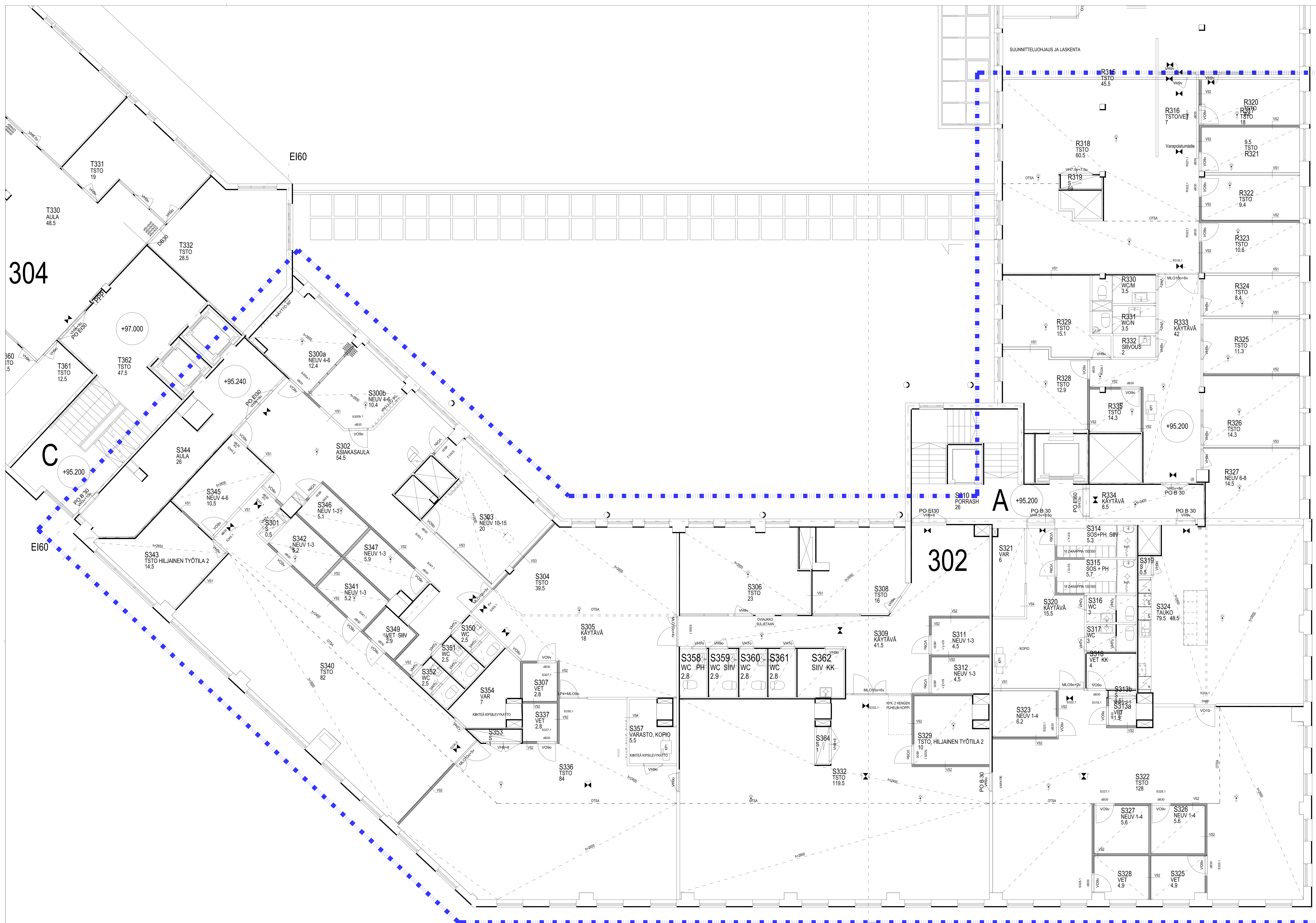




URAKKALASKENTAA VARTEN

KOSAKYLÄ 3 Puistola	KORTTELITILA 48	TONTTIRN:o 3	RAKENNUSLUPATUNNUS
RAKENNUSLOMENPIDE MUUTOS	DOKUMENTTILAJI TYÖPIIRUSTUS		JUOKSEVA No
TILAAJAN NIMI TREVIAN ASSET MANAGEMENT OY	DOKUMENTIN SISÄLTÖ OSAPOHJAPIIRUSTUS 5 KERROS		MITTAKAAVA 1:50
TILAAJAN OSOITE Pohjoisesplanadi 35a A, 00100 Helsinki	LIIKETILA 503		
KOHTeen NIMI KOY JYVÄSKYLÄN KOLMIKULMA	-		
KOHTeen OSOITE Puistokatu 2, 40100 Jyväskylä	-		





**URAKKALASKENTAA VARTEN**

PROJEKTI 3 Puolesta	OHJEKIRJA 48	TOIMITUS 3	KORJAUS- KÄSIKIRJA	ALUEKÄSIKIRJA
PROJEKTI MUKUO	OHJEKIRJA 48	TOIMITUS 3	KORJAUS- KÄSIKIRJA	ALUEKÄSIKIRJA
TOIMITUS TREVIAN ASSET MANAGEMENT OY	OHJEKIRJA 48	TOIMITUS 3	KORJAUS- KÄSIKIRJA	ALUEKÄSIKIRJA
TOIMITUS KOV JYVÄSKYLÄN KOLMIKILUMA	OHJEKIRJA 48	TOIMITUS 3	KORJAUS- KÄSIKIRJA	ALUEKÄSIKIRJA
TOIMITUS Puhelin: 09 2551 3551	OHJEKIRJA 48	TOIMITUS 3	KORJAUS- KÄSIKIRJA	ALUEKÄSIKIRJA
TOIMITUS Puhelin: 2 40100 Jyväskylä	OHJEKIRJA 48	TOIMITUS 3	KORJAUS- KÄSIKIRJA	ALUEKÄSIKIRJA