

LAB-ammattikorkeakoulu  
Tekniikka Lappeenranta  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutus

Miia Virolainen

## **Rakennuksen hiilijalanjälkeen vaikuttavat materiaalivalinnat**

**Case: Päiväkoti Laaksokatu 6, Lahti**

## Tiivistelmä

Miia Virolainen

Rakennuksen hiilijalanjälkeen vaikuttavat materiaalivalinnat

Case: Päiväkoti Laaksokatu 6, Lahti, 57 sivua, 1 liite

LAB-ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutus

Opinnäytetyö 2020

Ohjaajat: lehtori Leena Jormanainen, LAB-ammattikorkeakoulu ja

rakennetekniikan asiantuntija Jarmo Kärkäs, Lahden kaupungin tilakeskus

Työssä testattiin Ympäristöministeriön ja Green Building Council Finlandin julkaisemaa hiilijalanjäljen arviointimenetelmää (Excel-pohjainen), joka on kehitetty rakennusten vähähiilisyden arviointiin, pilottivaihetta varten. Työn tarkoitus oli tuottaa tietoa rakentamisen suunnitteluvaiheen hiilijalanjäljestä Lahden kaupungin tilakeskukselle.

Työ tehtiin tapaustutkimuksen kautta. Vähähiilisyyslaskennan kohteena oli rakenteilla oleva päiväkoti.

Laskennassa noudatettiin annettua ohjeistusta sekä selvitettiin yleisesti perusteita vähähiilisel laskennalle. Tietoa laskentaa varten saatiin projektipankista sekä urakoitsijan massaluettelosta.

Tulosten perusteella tehtiin herkkyystarkastelua tapauskohteelle sekä annettiin suositukset vähähiilisen rakentamisen materiaalivalintoihin suunnitteluvaiheessa. Työssä ehdotettiin lisätutkimustarpeita sekä esiteltiin pilotointivaiheen laskentamenetelmän havaitut puutteet.

Tulosten perusteella todettiin, että rakennuksen suunnitteluvaiheen materiaalivalinnoilla on mahdollisuus vaikuttaa merkittävästi rakennuksen hiilidioksidipäästöihin. Hiilidioksidipäästöjä ei tule vähentää rakennuksen rakennusteknisiä ominaisuuksia heikentämällä. Vähähiiliseen rakentamiseen tulisi pyrkiä materiaalivaihtoehtoja vertailemalla.

Asiasanat: hiilijalanjälki, vähähiilinen rakentaminen, materiaalivalinnat, elinkaari-analyysi

## **Abstract**

Miia Virolainen

Material choices affecting carbon footprint in building, 57 Pages, 1 Appendix

LAB University of Applied Sciences

Technology Lappeenranta

Civil and Construction Engineering

Bachelor's Thesis 2020

Instructors: Ms Leena Jormanainen, lecturer LAB University Applied Sciences and Mr Jarmo Kärkäs, structural engineering expert, tilakeskus, city of Lahti

The work tested the carbon footprint assessment method (Excel based) published by the Ministry of the Environment and the Green Building Council of Finland. The method has been developed for the pilot phase.

The purpose of the study was to produce information about low-carbon construction for the city of Lahti. The study was done through a case study which was the kindergarten under construction.

The calculation followed the given instruction and the basics for low-carbon calculations were explained. Information for the calculation was obtained from the project bank and the contractor's mass list.

Based on the results, a sensitivity analysis was performed for the case. Through material choices, recommendations were made for low-carbon construction.

The study suggested additional research needs and presented the observed shortcomings of the pilot phase calculation method.

Based on the results, it was concluded that the material choices in the design phase of the building have the potential to significantly affect the building's carbon dioxide emissions. Carbon dioxide emissions must not be reduced by impairing the building's technical properties. Low carbon construction should be pursued by comparing material options.

Keywords: carbon footprint, low-carbon building, the choice of materials, life cycle analysis

## Sisältö

1	Johdanto .....	6
2	Rakentamisen ympäristövaikutukset .....	7
2.1	Kasvihuoneilmiö, ilmastonmuutos ja hiilidioksidi .....	7
2.2	Hiilineutraali Suomi ja vähähiilisuuden tiekartta .....	8
2.3	Kestävä kehitys, ekotehokkuus ja resurssiviisaus .....	9
2.4	Lahti ympäristöpääkaupunki 2021 .....	10
2.5	Vapaaehtoiset ympäristöarviointivälineet .....	10
2.6	Taustaa rakennuksen vähähiilisyyslaskennalle .....	10
2.7	Elinkaariarviointi, hiilijalanjälki ja hiilikädenjälki .....	12
2.8	Rakennuksen hiilijalanjäljen pienentäminen yleisesti .....	13
3	Hiilijalanjälkilaskenta .....	15
3.1	Case-kohde Päiväkoti Laaksokatu 6, Lahti .....	15
3.2	Laskentamenetelmän kuvaus .....	18
3.3	Laskennan rajaus .....	19
3.4	Käytetty massaluettelo .....	20
3.5	Raudoituksen osuus betonista .....	24
3.6	Litterointi .....	25
3.7	Materiaalien päästötiedot .....	25
3.8	Elinkaaren eri vaiheiden päästötiedot .....	27
4	Tulokset .....	28
5	Herkkyystarkastelu .....	30
5.1	Materiaaleista johtuvat erilaiset hiilidioksidipäästöt .....	30
5.2	Suurimpien päästöjen hiilijalanjäljen pienentäminen .....	31
5.3	Pihamateriaalien osuus hiilijalanjäljestä .....	35
5.4	Rakenteet puuksi .....	36
5.5	Määrien merkityksestä .....	37
5.6	Rakennusmateriaalien vertailua .....	39
5.7	Rakennustekninen käyttöikä ja vertaus muihin hankkeisiin .....	41
5.8	Rakennuksen korjausten hiilijalanjälki .....	44
5.9	Materiaaleista johtuvat suurimmat hiilikädenjäljet .....	44
6	Päästövähennystavoitteet herkkyystarkastelun perusteella .....	45
7	Ohjeistus materiaalivalintojen vaikutuksesta hiilijalanjälkeen .....	46
8	Jatkotutkimustarpeita .....	49
9	Huomioita ja havaittuja puutteita laskentamenetelmässä .....	50
10	Yhteenvedo ja pohdinta .....	52
	Lähteet .....	55

## Liitteet

Liite 1 Vähähiilisyyslaskenta, Päiväkoti Laaksokatu 6 Lahti

## Käytetyt termit

BIM-malli	Building Information Model eli rakennuksen tietomalli, kolmiulotteinen malli, 3D
Bruttoala	Kuvaa koko rakennuksen laajuutta. Bruttoala lasketaan rakennuksen kaikkien kerrostasojen kerrostasoalojen summana.
Case-tapaus	Case study research eli tapaustutkimus
EPD	Environmental Product Declaration eli ympäristötuoteseloste
Geneerinen	Yleinen, yleisluonteinen
Hiilidioksidiekvivalentti	CO <sub>2</sub> -ekvivalentti, CO <sub>2</sub> e on yksikkö, jonka avulla laskeaan yhteen eri kasvihuonekaasujen päästöjen vaikutus kasvihuoneilmiön voimistumiseen.
Hiilijalanjälki	Kuvaa hiilidioksidipäästöjen aiheuttamaa ilmastovaikutusta.
Hiilikädenjälki	Tuotteen aikaansaama positiivinen ilmastovaikutus, joka alentaa hiilijalanjälkeä.
Hiilineutraalius	Ihmisen toiminta ei muuta ilmakehän hiilidioksidipitoisuutta eli hiilidioksidipäästöt ovat yhtä suuret kuin niitä voidaan sitoa, hiilijalanjälki elinkaaren ajalta on nolla.
Hiilinielu	Sitoo hiilidioksidin ilmakehästä
IFC-yhdistelmämalli	Industry Foundation Classes, eri suunnittelualojen yhdistetty malli
Korroosio	Metallin hapettumista ja syöpymistä ympäristön vaikutuksesta
LCA	Life Cycle Assessment eli elinkaariarviointi
Rakennuksen elinkaari	Yleiskäsitys rakennuksen eri vaiheista: tuote-, rakennus-, käyttö- ja loppuvaihe (esimerkiksi kaatopaikka)
Vähähiilisyys	Ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden nousun hillitsemistä huomioiden hiilidioksidia vähän tai ei olleenkaan tuottavat ratkaisut.

# 1 Johdanto

Raportti on LAB-ammattikorkeakoulun rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutuksen opinnäytetyö. Opinnäytetyön tilaajana on Lahden kaupungin tilakeskus.

Työn tavoite on tuottaa tietoa rakentamisen vähähiilisydestä ja valintaperusteista tulevaisuuden rakentamiseen Lahden kaupungin tilakeskukselle tapaustutkimukseen perustuen. Työn tulos on tiivis kirjallinen ohjeistus tilakeskukselle siitä, miten rakentamisen vähähiilisyys olisi jatkossa hyvä huomioida.

Opinnäytetyön keskeinen osa on Ympäristöministeriön syksyllä 2019 julkaisema hiilijalanjäljen laskentamenetelmän testaus ja siihen liittyvä herkkyystarkastelu. Laskentamenetelmä on esitelty Ympäristöministeriön julkaisussa ”Rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmä” (Kuittinen 2019) ja laskentamenetelmä Excel-taulukkomuotoisena on saatavilla Ympäristöministeriön internet-sivulla (Ympäristöministeriö ja Green Building Council Finland 2019). Julkaistu arviointimenetelmä perustuu Euroopan komission Level(s) -menetelmään sekä EN -standardeihin (European Commission 2017).

Laskenta on tehty läpinäkyväksi. Työ käsittää teoriaosuuden, jossa kerrotaan perusteet vähähiilisyyslaskennalle. Tämän jälkeen selvitetään käytettyä laskentamenetelmää ja tuloksia sekä tehdään herkkyystarkastelua tapaustutkimuksen perusteella. Työn lopputuloksena on suunnitteluvaiheen ohjeistus rakennuksen vähähiilisyyden huomioimiseksi materiaalivalinnoilla. Tässä työssä ei ole käsitelty tarkemmin rakennuksen energiatehokkuuden vaikutuksia rakennuksen vähähiilisyyteen.

Työn lopputulos voi toimia lähtökohtana tulevaisuuden vähähiilisyshankkeille, joissa hiilidioksidin päästöjen vähentymistä voi verrata tähän tapaustutkimuksen kohteeseen, jossa vähähiilisyttä ei ole vielä varsinaisesti tavoiteltu materiaalivalinnoilla.

## 2 Rakentamisen ympäristövaikutukset

### 2.1 Kasvihuoneilmiö, ilmastonmuutos ja hiilidioksidi

Kasvihuonekaasut lämmittävät kasvihuoneen lasikaton tavoin ilmakehää. Ilman kasvihuoneilmiötä maapallon pintalämpötila olisi keskimäärin noin -18 celsiusastetta, kun se nyt on noin +14 celsiusastetta ja mahdollistaa nykyisen elämän maapallolla.

Hiilidioksidia syntyy kaikessa palamisessa, valtaosa on peräisin fossiilisten polttoaineiden, kuten öljyn käytöstä. Hiilen eri muotojen polttaminen on nostanut ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden noin 390 ppm:iin (ppm =parts per million eli tilavuuden miljoonasosa) esiteollisesta noin 280 ppm:n pitoisuudesta. (Ilmasto-opas.fi 2020.)

Ilmastonmuutosta aiheuttaa kasvihuonekaasujen, erityisesti hiilidioksidin ( $\text{CO}_2$ ) määrän lisääntyminen ilmakehässä. Hiilidioksidin lisäksi muita merkittäviä kasvihuonekaasuja ovat vesihöyry ( $\text{H}_2\text{O}$ ), metaani ( $\text{CH}_4$ ), dityppioksidi ( $\text{N}_2\text{O}$ ) eli ilokaasu ja CFC-yhdisteet. Kasvihuonekaasun massa muutetaan hiilidioksidiekvivalentiksi kertomalla sen massa ilmaston lämmityspotentiaalilla (GWP=global warming potential). Hiilidioksidin ilmaston lämmityspotentiaali on yksi ja muiden kasvihuonekaasujen lämmityspotentiaalia verrataan hiilidioksidiin. Kaasujen lämmityspotentiaalikerrotimeen vaikuttaa niiden elinaika ilmakehässä, esimerkiksi hiilidioksidin elinaika on 5–200 vuotta, osa kasvihuonekaasuista säilyy ilmakehässä jopa tuhansia vuosia. Kasvihuonekaasut aiheuttavat lämmittävän eli positiivisen säteilypakotteen maapallolle. Säteilypakotetta mitataan säteilyteholla (wattia) neliometriä kohden ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) ja hiilidioksidin lämmittävä vaikutus on kasvihuonekaasuista suurin. (Ilmasto-opas.fi 2020.)

IPCC:n (Intergovernmental Panel on Climate Change) eli hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin kokoaman tutkimustiedon mukaan ihmiskunnan toiminnan vaikutuksesta maapallon keskilämpötilan on ennustettu nousevan 1,6–6,0 celsiusastetta nykyisestä vuoteen 2100 mennessä. Keskilämpötilan yli 1,5 celsiusasteen lämpötilan nousu verrattuna esiteolliseen aikaan tarkoittaisi merkittäviä seurauksia luonnolle, muun muassa meren pinnan nousua, kuivuutta ja siksi nälänhätää, myrskyjä sekä lajien sukupuuttoa. Yhdistyneiden kansakuntien (YK)

Pariisin ilmastopöytäkirjassa vuonna 2015, jäsenet sitoutuivat pyrkivänsä toimiin, joilla ilmaston lämpeneminen saataisiin rajattua alle 1,5 asteeseen. Suomi on hyväksynyt sopimuksen 14.11.2016 ja siten sitoutunut osana Euroopan unionia Pariisin ilmastopöytäkirjaan. Sitoutuminen sopimukseen tapahtuu kansallisten menettelyiden mukaisesti. Viiden vuoden välein tarkastellaan edistymistä, suhteessa tavoitteeseen. Ensimmäisen kokonaistarkastelun on määrä tapahtua vuonna 2023. (Ilmasto-opas.fi 2020; Ilmatieteenlaitos 2020; Tilastokeskus 2020; Valtioneuvosto 2020.)

## **2.2 Hiilineutraali Suomi ja vähähiilisyden tiekartta**

Suomi tavoittelee Euroopan unionin jäsenenä hiilineutraalisuustavoitetta ennen vuotta 2050. Hiilineutraalisuudella tarkoitetaan, että ihmisen toiminta ei muuta ilmakehän hiilidioksidipitoisuutta. Suomen hallitus on linjannut, että Suomi on hiilineutraali vuonna 2035 ja hiilinegatiivinen sen jälkeen. Hallitus on sitoutunut uudistamaan Euroopan unionin ja Suomen ilmastopolitiikkaa keskilämpötilan rajoittamiseksi alle 1,5 celsiusasteen. Päästövähennykset on tarkoitus toteuttaa kaikilla yhteiskunnan osa-alueilla laatimalla tiekartat vähähiilisyyteen ja sovittaen ne yhteen ilmastotoimien kanssa. Vähähiiliseen talouteen on mahdollista siirtyä biotalouden, kiertotalouden, puhtaan teknologian ratkaisujen, energiatehokkuuden, päästöttömien energiantuotantomuotojen, energian varastointiratkaisujen, hiilen talteenoton avulla sekä panostamalla yleisesti tutkimus-, kehitys- ja innovaatio toimintaan. Yhteiskunnallisella päätöksenteolla ohjataan lisäksi kohti ilmastoystävällistä kiertotaloutta. (Valtioneuvosto 2020.)

Asumisen ja rakentamisen hiilijalanjäljen pienentäminen on yksi keino kohti hiilineutraalia yhteiskuntaa. Se toteutetaan muun muassa vähähiilisen rakentamisen tiekarttaa noudattaen ja kehittämällä rakennuksen elinkaaren aikaiseen hiilijalanjälkeen perustuvaa säädösohjausta. (Valtioneuvosto 2020.)

Vähähiilisen rakentamisen tiekartan selvityksen mukaan rakennusten elinkaaren hiilijalanjälki syntyy rakennusmateriaalien valmistuksesta, kuljetuksesta, työmaatoiminnoista, kunnossapidosta ja korjauksesta, materiaalien vaihdoista, energian ja veden käytöstä sekä rakennuksen purkamisesta ja materiaalien loppukäsitte-



lystä. Tiekartan selvityksen mukaan tällä hetkellä suurin osa hiilijalanjäljestä syntyy rakennuksen käytön aikaisesta energian kulutuksesta. Tiekartan selvityksen mukaan laaja tutkimusaineisto on osoittanut, että rakennusmateriaalien osuus elinkaaren päästöistä on merkittävä ja sen osuus kasvaa energiantuotannon päästöjen laskiessa. Tiekartan mukaan vuoteen 2025 mennessä siirrytään rakennuksen elinkaaren hiilidioksidipäästöjen ohjaukseen. VTT:n vaikutusarvion mukaan vaikuttavimmaksi ohjauskeinoksi on todettu raja-arvo-ohjaukseen perustuva säädösohjaus. Säädösohjauksen olisi tarkoitus kohdistua ensisijaisesti uudisrakentamiseen ja liittyisi rakennuksen käytönaikaisen energiankulutuksen ohjaukseen. (Ympäristöministeriö 2020; Bionova Oy 2017.)

### **2.3 Kestävä kehitys, ekotehokkuus ja resurssiviisaus**

Kestävän kehityksen tarkoitus on turvata nykyisille ja tuleville sukupolville hyvät elämisen mahdollisuudet. Yhtenä kestävyystavoitteena on ekologinen kestävyys ja ekotehokas tuotanto, joka perustuu uusiutuvien ja uusiutumattomien luonnonvarojen säästöön ja päästöjen vähentymiseen. (Valtioneuvosto kanslia 2020; Ympäristöministeriö 2020.)

Yhdistyneiden kansakuntien jäsenmaat sopivat vuonna 2015 kestävä kehityksen toimintaohjelmasta ja tavoitteista vuosille 2016–2030. Suomen hallitus on laatinut ohjelman pohjalta toimenpidesuunnitelman, jossa painopisteenä kotimaassa ovat ”Hiilineutraali ja resurssiviisas Suomi”. Tavoitteena on muun muassa lisätä resurssi- ja materiaalitehokkuutta sekä kiertotaloutta. Resurssiviisauudessa käytetään resursseja kuten luonnonvaroja, raaka-aineita ja energiaa harmitusti ja kestävä kehitystä edistävällä tavalla. (Ulkoministeriö 2020; Valtioneuvosto 2020; Valtioneuvoston kanslia 2020.)

Kestävät rakennukset ja rakentaminen -ohjelma (Sustainable Buildings and Construction, SBC) on osa YK:n kymmenvuotista kestävä kulutuksen ja tuotannon puiteohjelmaa (2012–22). Sen mukaan rakennettu ympäristö on globaalisti keskeisessä osassa luonnonvarojen käytössä ja ilmastonmuutoksen hillinnässä. (Ympäristöministeriö 2020.)

## **2.4 Lahti ympäristöpääkaupunki 2021**

Lahti on nimetty ensimmäisenä suomalaisena kaupunkina Euroopan ympäristöpääkaupungiksi vuodelle 2021. Euroopan ympäristöpääkaupunki -nimitys on Euroopan komission tunnustus kaupungille, joka on ympäristötoiminnan edelläkävijä. Lahden kaupunki on määritellyt, että siitä tulee hiilineutraali vuonna 2025, ensimmäisenä suurena kaupunkina Suomessa. Lahden kaupungin tavoite on kasvaa ympäristöpääkaupungiksi kehittämällä ympäristökaupunkia ja ideoimalla tulevaisuutta yhdessä muiden kaupunkien kanssa, koko Euroopan hyväksi. (Lahti 2020.)

## **2.5 Vapaaehtoiset ympäristöarviointivälineet**

Tässä työssä ei ole tarkasteltu vapaaehtoisia ympäristöarviointivälineitä kuten esimerkiksi HINKU-hanketta (Kohti hiilineutraali kuntaa) tai rakennusten ympäristösertifikaatteja kuten BREEAM, LEED, RTS-luokitus ja Joutsenmerkki. Myös rakennusten elinkaariarviointiin on kaupallisia välineitä kuten One Click LCA.

On hyvä tietää, että ympäristövaikutuksia on mahdollista vähentää tarvittaessa vapaaehtoisin toimin ja siihen on kehitetty useita eri välineitä, muitakin kuin tässä luvussa mainittuja. Niiden etuna on se, että ne ovat olleet käytössä jo useita vuosia ja toimiviksi todettuja. Tulosten läpinäkyvyydessä ja vertailtavuudessa voi olla puutteita, lisäksi kaupalliset versiot ovat maksullisia.

## **2.6 Taustaa rakennuksen vähähiilisyyslaskennalle**

Maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999) on tärkein maankäytön ja rakentamisen ohjauskeino Suomessa. Sen 1 §:n yleisessä tavoitteessa mainitaan, että lain tavoitteena on järjestää alueiden käyttö ja rakentaminen niin, että siinä luodaan edellytykset hyvälle elinympäristölle sekä edistetään ekologisesti, taloudellisesti, sosiaalisesti ja kulttuurisesti kestävä kehitystä. Ympäristöministeriön tavoitteena on, että rakennuksen elinkaaren aikaista hiilijalanjälkeä ohjataan lainsäädännöllä 2020-luvun puoliväliin mennessä. Vähähiilisyys on osa maankäyttö- ja rakennuslain kokonaisuudistusta. (Kuittinen 2019.)

Perusteet rakennuksen elinkaaren aikaisen hiilijalanjäljen laskemiseen tulevat ilmastomuutosta ehkäisevistä tavoitteista. Edellä esitettyjen lisäksi Suomi tavoittelee ilmastolain 6 §:n mukaan 80 %:n hiilidioksidipäästöjen vähentämistä vuodesta 1990 vuoteen 2050 (Ilmastolaki 609/2015).

Rakentaminen käyttää maailmanlaajuisesti merkittävän osan maapallon materiaaliressursseista ja energiasta, vedestä sekä viljelykelpoisesta maa-alasta, joten on perusteltua, että rakentamisesta aiheutuvia hiilidioksidipäästöjä tarkastellaan ja niitä pyritään vähentämään mahdollisuuksien mukaan sekä säästämään resursseja tuleville sukupolville. Sitran julkaisun (Vehviläinen ym. 2010) mukaan Suomen tuottamista kasvihuonepäästöistä noin kolmasosa (38 %) aiheutuu rakennetusta ympäristöstä (rakennukset + rakentaminen), teollisuudesta 30 % ja liikenteestä 19 %. Tilastokeskuksen julkaisun (vuonna 2018) jaottelussa energia-teollisuus vastaa noin 43 % kasvihuonepäästöistä, kotimaan liikenne noin 28 %, teollisuus ja rakentaminen yhteensä noin 16 % päästöistä. Julkaisutavasta riippumatta voi päätellä, että rakennukset ja rakentaminen aiheuttavat merkittäviä kasvihuonepäästöjä Suomessa.

Julkinen rakentaminen on Suomessa merkittävää, sillä julkisin varoin rakennetaan noin 7 miljardilla eurolla vuosittain ja siten julkisen rakentamisen kautta on mahdollista vaikuttaa rakentamisen hiilijalanjälkeen. (Ympäristöministeriö 2017.)

Ympäristöministeriö on julkaissut syksyllä 2019 vähähiilisyys-elinkaari (hiilijalanjälki) laskentamenetelmän, joka perustuu Euroopan komission Level(s)-menetelmään eli rakentamisen resurssitehokkuuden mittaamismenetelmään. Level(s) menetelmässä on kuusi päätavoitetta:

Päätavoite 1: Elinkaaren hiilijalanjälki

Päätavoite 2: Resurssitehokas materiaalien käyttö

Päätavoite 3: Veden kulutus

Päätavoite 4: Terveelliset tilat ja sisäilman laatu

Päätavoite 5: Sopeutuminen ilmastomuutokseen

Päätavoite 6: Elinkaarikustannukset.

Ympäristöministeriön menetelmä keskittyy päätavoitteeseen 1 eli elinkaaren hiilijalanjälkeen.

## **2.7 Elinkaariarviointi, hiilijalanjälki ja hiilikädenjälki**

Elinkaariarvioinnilla (Life Cycle Assessment eli LCA) arvioidaan tuotteen koko elinkaaren aikaisia ympäristövaikutuksia. Elinkaariarviointimenetelmä on standardisoitu standardeilla ISO 14040 (periaatteet ja pääpiirteet) ja ISO 14044 (vaatimukset ja suuntaviivoja). Rakentamisen kestävyys ja tuotteiden ympäristötuoteselosteen standardissa SFS-EN 15804, on esitetty elinkaariarviointi ilmastovaikutusten lisäksi ilmakehän otsonikadolle ja otsonin muodostumiselle, happamoitumiselle, rehevöitymiselle, mineraalien, metallien ja öljyn luonnonvarojen ehtymiselle sekä veden käytölle.

Ympäristöministeriön vähähiilisuuden arviointimenetelmässä tarkastellaan vain ilmastovaikutuksia. Hiilijalanjäljen arvioinnissa arvioidaan rakennuksen koko elinkaari, käsittäen tuotteiden valmistuksen, kuljetuksen ja työmaatoiminnot, rakennuksen käytön ja huollon sekä rakennuksen purun ja kierrätyksen.

Rakennuksen elinkaari on jaettu neljään vaiheeseen, jotka ovat tuotevaihe, rakentaminen, käyttövaihe ja elinkaaren loppu. Vaiheiden alle on koottu moduuleita, joista ne muodostuvat. Esimerkiksi:

**Tuotevaihe (A)** käsittää moduulit:

A1 Raaka-aineen hankinta, A2 Kuljetus valmistukseen ja A3 Tuotteen valmistus.

**Rakentaminen (A)** käsittää moduulit:

A4 Kuljetus työmaalle, A5 Työmaatoiminnot

**Käyttövaihe (B)** käsittää moduulit:

B1 Tuotteen käyttö rakennuksessa, B2 Kunnossapito, B3 Korjaukset, B4 Osien vaihto, B5 Laajamittaiset korjaukset, B6 Energian käyttö, B7 Veden käyttö

**Elinkaaren loppu (C)** käsittää moduulit:

C1 Purkamisen, C2 Kuljetus jatkokäsittelyyn, C3 Purkujätteen käsittely ja C4 Purkujätteen loppusijoitus.

**Lisätiedot (D)** käsittää elinkaaren ulkopuolelle jäävät hyödyt tai haitat. (Kuittinen 2019.)

Vastaavanlaiset vaiheet ja moduulit löytyvät myös ympäristötuoteselostestandardista SFS-EN 15804.

Hiilijalanjälki on elinkaariarvioinnin tulos, jolla raportoidaan ilmastokuormaa eli kuinka paljon kasvihuonekaasuja elinkaaren aikana syntyy. Hiilijalanjäljessä keskittään yhteen ympäristökysymykseen ja jätetään muut elinkaariarviointiin liittyvät ympäristötekijät pois. Joskus keskittyminen yhteen tekijään kuten ilmastokuorman vähentämiseen, voi lisätä muuta ympäristövaikutusta, esimerkiksi luonnonvarojen ehtymistä. Tästä syystä päätöksiä tulisi arvioida kokonaisuutena, eikä vain hiilijalanjäljen perusteella. Hiilijalanjäljen laskeminen on vakiintunutta ja sitä määrittelee muun muassa standardi SFS-EN ISO 14067:2018.

Hiilikädenjälki arvioi ilmastovaikutusten hyötyjä, joita ei syntyisi ilman rakennushanketta, kuten esimerkiksi hiilivarastot ja -nielut, uusiutuvan energia tuotanto, rakennustuotteiden uudelleenkäyttö ja kierrätys (Kuittinen 2019). Hiilikädenjälkeä ei vähennetä hiilijalanjäljestä. Hiilikädenjälkeen on olemassa eurooppalaisia standardeja, mutta laskenta ei ole vielä yleisesti vakiintunut. Valtion teknillinen tutkimuskeskus ja LUT-yliopisto ovat tutkineet ja ohjeistaneet hiilikädenjäljen laskemista Suomessa (Pajula ym. 2018).

## **2.8 Rakennuksen hiilijalanjäljen pienentäminen yleisesti**

Rakennuksen hiilijalanjälkeä on mahdollista pienentää monin tavoin. Tässä opinäytetyössä tarkastelun alaisena on erityisesti tuotevaiheen materiaalivalinnoilla tapahtuva hiilijalanjäljen pienentäminen. Koko rakennuksen elinkaaren aikana rakennuksen vähähiilisyyttä edistetään esimerkiksi rakennuksen energiatehokkuudella ja uusiutuvan energian käytöllä.

Lauri Tähtinen Green Building Council Finlandista on Loikka-blogissaan (Tähtinen 2019) esittänyt vähähiilisen rakennuksen perusoppimäärän, joka on hyvää lähtötietoa vähähiiliseen laskentaan. Hänen esittämiään periaatteita on esitelty

yleisesti esimerkiksi rakennusten energiatehokkuuteen liittyvissä julkaisuissa. Tässä on esitetty Tähtisen (2019) esittämät toimenpiteet eri elinkaaren vaiheisiin:

### **Suunnittelu ja rakentaminen:**

- *Kunnosta vanha rakennus uudisrakentamisen sijaan*
- *Rakenna vähemmän, tilatehokkaammin ja moneen käyttötarkoitukseen soveltuvaksi*
- *Vähennä ja kompensoi materiaalien valmistuksen aiheuttamia päästöjä*
- *Optimoi rakenne ja tilaratkaisut vähemmän materiaali-intensiivisiksi*
- *Käytä pitkäikäisiä materiaaleja ja tuotteita*
- *Uudelleenkäytä muualta purettuja tuotteita ja rakennusosia*
- *Käytä kierrätysmateriaaleista valmistettuja tuotteita*
- *Käytä pienemmän hiilijalanjäljen tuotteita EPD:n perusteella*
- *Käytä materiaaleja, jotka voidaan uusiokäyttää tai kierrättää elinkaaren loppussa*
- *Kompensoi rakentamisen aikaiset hiilidioksidipäästöt investoimalla hiilinieluihin*
- *Mahdollista vähähiilinen käyttö rakennukselle*
- *Minimoi rakennuksen energiantarve*
- *Mahdollista uusiutuvan energian tuottaminen ja hankinta*

### **Käyttö:**

- *Nollaa energiankäytön päästöt*
- *Tuota uusiutuvaa energiaa tontilla*
- *Osta uusiutuvilla energialähteillä tuotettua energiaa*
- *Kompensoi loppu ostoenergian tarve investoimalla hiilinieluihin*
- *Optimoi rakennuksen käyttöä*
- *Optimoi tilatehokkuus rakennuksessa*
- *Mahdollista tilojen monipuolinen käyttö eri vuodenaikoina*

### **Purku:**

- *Pura uusiokäyttöön soveltuvat rakennusosat ehjänä*
- *Toimita purettavat rakennusosat ja materiaalit hyötykäyttöön.*

Opinnäytetyössä on tarkoitus syventää tietämystä vähähiilisestä rakentamisesta, keskittyen rakennusten suunnitteluvaiheeseen eli tuotevaiheen materiaalitietoihin.

### 3 Hiilijalanjälkilaskenta

#### 3.1 Case-kohde Päiväkoti Laaksokatu 6, Lahti

Hiilijalanjälkilaskennassa tapaustutkimuksen kohteena tarkasteltiin uudisrakennusta, päiväkotiä, joka sijaitsee osoitteessa Laaksokatu 6, 15140 Lahti. Päiväkoti (kuva 1) on rakennusvaiheessa ja se valmistuu lokakuussa 2020.



Kuva 1. Kuvakaappaus Laaksokatu 6 tietomallista

Lahden kaupunkiin rakennettavan Laaksokatu 6 päiväkodin vähähiilisyys on valittu tarkastelun kohteeksi Lahden kaupungin tilakeskuksen esityksestä. Laaksokadun päiväkoti valmistuu Vihreä lippu (ympäristösertifikaatti) -päiväkodiksi ja sen toiminnassa tullaan painottamaan ympäristökasvatusta. Uuden päiväkodin suunnitteluvaiheessa on pyritty huomioimaan erilaisia ympäristönäkökohtia, vaikka tuotevaiheen vähähiilisyyttä ei ole erikseen tarkasteltu. Opinnäytetyö ei siis tuota kyseiselle case-tapaukselle eli Laaksonkadun päiväkodille perusteita, joilla rakentamisen ratkaisuja tehtäisiin vähähiilisyys-periaatteella.

Case-kohteen projektitiedot on tallennettu Lahden kaupungin tilakeskuksen Buildercom:n BEM-projektipankkiin. Opinnäytetyötä varten oli käytössä projektipankin käyttöoikeudet ja oikeus tarkastella projektin tietoja kuten suunnitelmia, työmaamuistioita ja piirustuksia sekä esimerkiksi BIM-tietomalleja (3D).

Kohde on uudisrakennus, joka tulee tontille, jossa tällä hetkellä sijaitsee Humpulan ja Onnelantien päiväkodin ryhmiä väliaikaisessa tilaelementtipäiväkodissa. Väliaikaisen päiväkodin toiminta jatkuu tontilla koko rakentamisen ajan, kunnes tilaelementit puretaan uuden rakennuksen valmistuttua.

Laaksokadun päiväkodin bruttoala on 2749 m<sup>2</sup> ja tontin pinta-ala on 7567 m<sup>2</sup>. Päiväkoti käsittää kaksi kerrosta ja ullakkotilan, jossa sijaitsevat rakennuksen ilmanvaihtokonehuoneet. Uuteen päiväkotiin tulevat tilat 10 hoitoryhmälle ja 185 lapselle, päiväkodin henkilökunnan määrä on 38.

Päiväkoti on perustettu teräsbetonipaalujen varaan. Perustukset on tehty osin paikallavalettuina, osin elementtirakenteisina. Päiväkodissa on tuulettuva kantava alapohjarakenne (EPS-eriste). Runkojärjestelmänä on elementtirakenteinen pilari- /palkkirunko, johon liittyy kantavia ja jäykistäviä väliseiniä. Välipohjat ovat ontelolaattoja ja paikallavalulaattoja. Erikoisuuteena rakennuksessa on Atriumsisäpiha, joka on metalli-lasirakenteinen. Kuvissa 2 ja 3 on esitetty valokuvat Atrium-rakenteesta työmaalta.



Kuva 2. Atrium-sisäpiha (kuva Miia Virolainen 8.4.2020)





Kuva 3. Atrium vesikatolta (kuva Miia Virolainen 8.4.2020)

Ulkoseinät ovat lämmöneristettyjä (polyuretaani) teräsbetonelementtirakenteita. Julkisivut ovat lautaverhoiltuja sekä rapattuja tiilimuurauksia. Kevyet väliseinät ovat kipsilevyä, vaneria, kivivillaa ja kalkkihiekkatiiltä. Yläpohjassa on ontelolaa-tasto ja naulalevyristikot, eristeenä on puhalluseriste ja kivivillaa, vesikatteena on katevaneri ja kumibitumikermi.

Päiväkoti on suunniteltu matala- tai lähes 0-energiatasoiseksi energiankulutukseltaan, E-lukutavoite on 90 kWhE (m<sup>2</sup>a) ja energialuokka on B. Rakennus on liitetty kaukolämpöön. Rakennus lämmitetään pääsääntöisesti vesikiertoisilla pattereilla. Rakennuksessa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Rakennukseen tulee 32 kpl aurinkopaneeleita (275 W/kpl), järjestelmän huipputeho on 9,3 kW ja hyödynnettävä energia 6,9 MWh/a, joka on noin 3,6 % rakennuksen vuotuisesta sähköenergiankulutuksesta.

Rakennuksen rakennustekninen ikä on 100 vuotta, mikä on määritelty rakennuksen hankesuunnitelmassa (Lahden tilakeskus 2018).

Kohteen rakennuttajana on Lahden tilakeskus ja rakennuttajakonsulttina Rakennuttaja Rantatupa Oy, arkkitehtisuunnittelusta on vastannut Arkkitehtitoimisto Rosberg Ikävalko Oy, rakennesuunnittelusta Päijät-Suunnittelu Oy, LVI-suunnittelusta Granlund Oy ja sähkösuunnittelusta HL-Elec Oy. Kohteen urakoitsijana toimii Rakennusliike Olavi Järvinen Oy. Rakennushankkeen muut osapuolet on mahdollista tarkastaa esimerkiksi rakennusfakta.fi-osoitteesta.

### **3.2 Laskentamenetelmän kuvaus**

Päiväkodin hiilijalanjälki eli rakennuksen koko elinkaaren aikana, rakentamisesta purkamiseen asti, syntyvät hiilidioksidiekvivalenttipäästöt laskettiin Ympäristöministeriön ja Green Building Council Finlandin syksyllä 2019 (9.12.2019) julkaisemalla avoimella Excel-pohjaisella laskentamenetelmällä. Laskentamenetelmällä laskettu kohteen hiilijalanjälki Excel-taulukoiheen on esitetty liitteessä 1.

Laskentamenetelmä perustuu rakennuksen materiaalitietojen syöttämiseen kilogrammoina taulukkoon. Taulukko laskee jokaiselle materiaalille hiilijalanjäljen ja tarvittaessa myös hiilikädenjäljen, mikäli rakentamisessa syntyy ilmastohyötyä eli päästövähennyspotentiaalia. Materiaalien hiilidioksidipäästötiedot pohjautuvat laskentamenetelmässä Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen (VTT:n) vuonna 2018 julkaisemiin eri lähteistä kokoamiin ja arvioimiin tuloksiin.

Päästötiedot laskentamenetelmässä ovat geneerisiä eli yleisiä kullekin rakennusmateriaalityypille. Laskentamenetelmässä on mahdollista korvata yleinen geneerinen päästötieto kaupalliselle tuotteelle ominaisella päästötiedolla, pohjautuen yleisesti hyväksytyyn luotettavaan lähteeseen, esimerkiksi standardiin EN 15804:2012 + A2: 2019 (Sustainability of construction works. Environmental product declarations. Core rules for the product category of construction products) pohjautuvaan EPD (Environmental Product Declaration) -ympäristötuoteselosteeseen.

Materiaaliluettelon lisäksi tarvittavat lähtötiedot liittyvät rakennuksen energiankulutukseen siten, että esimerkiksi rakennuksen käyttämä vuosittainen sähkö- ja

kaukolämmön energiankulutus ilmoitetaan yksikössä kWh/m<sup>2</sup><sub>netto</sub>/a. Ylijäämäenergia eli verkkoon syötetty uusiutuvilla polttoaineilla tuotettu sähkö ilmoitetaan energian tuotantona.

Laskentamenetelmä laskee materiaaliluettelon ja annettujen lähtötietojen perusteella rakennusmateriaalien vaihtovälin ja siten materiaalivaihdoista aiheutuvan rakennuksen elinkaaren aikaisen hiilijalanjäljen.

Valmistuksen, kuljetuksen ja työmaavaiheen arvioinnissa menetelmä laskee ennen rakennuksen käyttöä syntyvät päästöt. Elinkaaren lopussa, purkamisesta syntyvät päästöt lasketaan menetelmässä yleisten päästötietojen perusteella.

Tarvittaessa yleiset tiedot on mahdollista korvata kohdekohtaisilla tiedoilla. Mikäli menetelmässä käytetään kohdekohtaisia päästötietoja, tulee käytetyt lähteet ilmoittaa sekä arvioida niiden luotettavuus. Yhteenvetosivulta on mahdollista nähdä elinkaariarvioinnin tulokset.

Syksyn 2019 avoin laskentamenetelmä on tarkoitettu menetelmän testauksen pilottivaiheeseen. Se ei ole valmis menetelmä ja Ympäristöministeriön toimesta sitä tullaan kehittämään pilottivaiheen kokemusten perusteella.

### **3.3 Laskennan rajaus**

Laskennan rajaus on pyritty tekemään Ympäristöministeriön julkaisun 2019:22 (Ympäristöministeriö 2019) mukaisesti. Sen mukaisesti esimerkiksi tontilta ei sisällytetä arviointiin kasvillisuutta ja alueen varusteita kuten esimerkiksi leikkivälineitä ja aitoja. Esimerkiksi naulat, ruuvit, liimat, listat ja vähäiset saumaukset on laskentamenetelmästä rajattu pois.

Tähän tapaustutkimukseen otettiin mukaan pintakäsittelyt ja maalaukset, jotka Ympäristöministeriön julkaisun 2019:22 mukaan eivät sisälly arviointiin. Laskentamenetelmässä on esitetty päästökertoimet pintamateriaaleille ja maaleille ja ne päätettiin ottaa mukaan laskentaan, koska ne ovat keskeisiä muun muassa korjausten hiilijalanjälkeä arvioitaessa.

Talotekniikan osalta rajattiin pois taloautomaatio. Työmaan osalta laskentamenetelmä ei huomioi muun muassa telineitä, suojauksia, muotteja, työmaatiloja ja työmaan henkilöliikennettä.

Rakennuksen tavoitekäyttöiäksi määriteltiin 100 vuotta hankesuunnitelman mukaisesti, mikä poikkeaa yleisestä rakennusten elinkaariarviointien 50 vuoden tavoitekäyttöiästä. Euroopan komission Level(s) -menetelmässä rakennuksen odotetuksi iäksi on arvioitu 60 vuotta (European Commission 2017).

Rakennuksen elinkaaren aikaiset tyypilliset päästötiedot (muut kuin rakennusmateriaalit) arvioitiin yleisten taulukkotietojen pohjalta eli kohdekohtaiset päästötiedot rajattiin tässä kohdetarkastelussa pois arvioinnin yksinkertaistamiseksi.

On huomioitava, että rakennuksen ilmastoa koskevat päästövähennykset ovat erityisen merkittäviä tulevana lähivuosina, jotta ilmastonmuutos on mahdollista pysäyttää. Tällä perusteella tässä opinnäytetyössä ei ole keskitytty tarkemmin arvioimaan noin 20–100 vuoden kuluessa tapahtuvien korjaustoimien hiilidioksidipäästöjä tai rakennuksen purkamisesta aiheutuvia hiilidioksidipäästöjä. Ne on laskentamenetelmässä laskettu ja sisältyvät rakennuksen tavoiteiän mukaiseen elinkaariarviointiin.

Tässä työssä ei ole tarkasteltu käytön aikaisten hiilidioksidipäästöjen vähentämistä, koska lähtökohta työlle oli tarkastella hiilidioksidipäästöjen vähentämismahdollisuuksia tuotevaiheessa.

### **3.4 Käytetty massaluettelo**

Kohdetapauksessa massaluettelo saatiin urakoitsijalta. Urakoitsijan massaluettelossa materiaalit olivat litteroitu ja materiaalit vietiin Ympäristöministeriön materiaaliluetteloon litteroinnin mukaisesti niin, että materiaalit on mahdollista jäljittää takaisin urakoitsijan massaluetteloon ja tarkistaa käytetyt määrät. Ympäristöministeriön materiaaliluettelossa määrät tulee esittää kilogrammoina ja esimerkiksi katemateriaalien ja ikkunoiden osalta neliömetreinä.

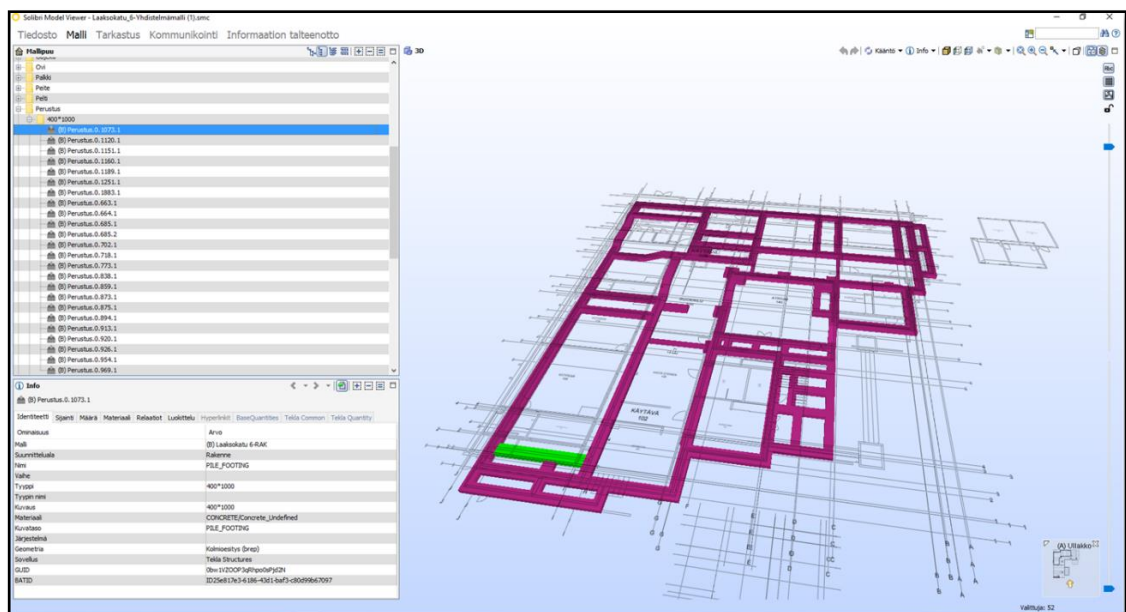
Urakoitsijan massaluettelossa kilogrammoina oli esitetty lähinnä raudoitteiden määrät. Muutoin oli tehtävä yksikkömuunnoksia muun muassa juoksumetreistä

ja neliömetreistä kilogrammoin. Yksikkömuunnokset on esitetty erillisessä Excel-taulukossa, jota ei liitetä tämän opinnäytetyön liitteeksi, mutta säilytetään mahdollista tarkastamista varten.

Yksikkömuunnoksissa materiaalien tiheyksinä on käytetty pääasiassa kumotun Suomen rakennusmääräyskokoelman osan C4 Ympäristöministeriön asetus lämmöneristeistä (2002) taulukon 1 mukaisia rakennusaineiden kuivatiheyksiä  $\text{kg/m}^3$ . Yksittäisissä tapauksissa käytettiin tuotevalmistajan ilmoittamaa kuivatiheyttä tai esimerkiksi materiaalitoimittajan ilmoittamaa pakkauskoon painoa.

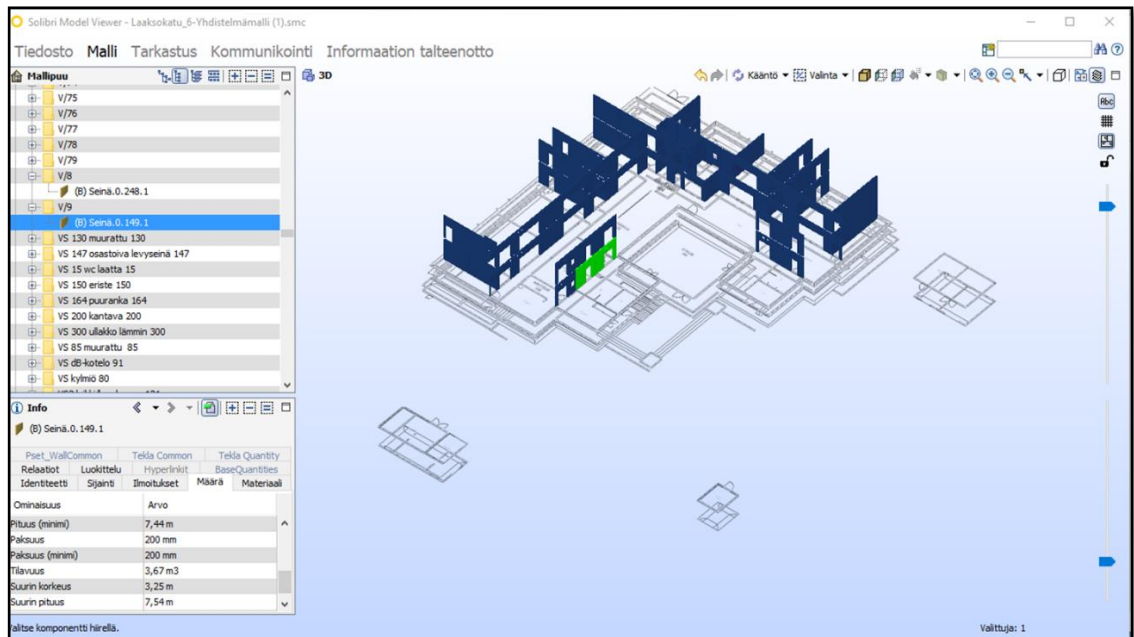
Betonipaalujuen paalupituuden yhteismäärä saatiin tarkepöytäkirjasta ja muutettiin yksikkömuunnoksella kilogrammoiksi. Tarkepöytäkirjasta on mahdollista saada tietoa esimerkiksi alueen lisäpaaluista ja paalujen todellisista pituuksista.

Betonielementtien painot saatiin anturoiden osalta helpoiten IFC-yhdistelmämallista (3D) Solibri Model Viewer -ohjelmalla (kuva 4).



Kuva 4. Anturat Solibri Model Viewer-ohjelmalla kuvattuna

Muiden elementtien painot saatiin AutoCAD-piirustuksista (2D), josta kilonewtonit muutettiin kilogrammoiksi. Väliseinäelementtejä vertailtiin AutoCAD-piirustusten ja IFC-yhdistelmämallin (kuva 5) tietojen välillä.



Kuva 5. Väliseinät IFC-mallista

Päiväkodista oli käytössä molemmat piirustukset (2D ja 3D), mutta käytännössä luotettavin tieto on tällä hetkellä AutoCAD-piirustuksissa.

Vertailussa voitiin havaita, että materiaaliluetteloa varten riittävä tietomäärä olisi ollut saatavissa IFC-mallista, mutta yksittäisiä poikkeavuuksia havaittiin piirustusten välillä. Loput elementtien (laatat, ulkoseinä- ja sokkelielementit, parveke-elementit, kaide- ja palkkielementit, pilarielementit ja porraselementit) painot johdettiin AutoCAD -piirustuksista. Ontelolaattojen paino saatiin kuljetuksen massamäärästä. Lisäksi havaittiin, että vertailtavuus AutoCAD-piirustusten ja IFC-mallien nimikkeistön osalta oli vaikeaa, sillä piirustuksissa käytettiin samasta elementistä eri numeroa (taulukko 1).

DVG-piirustuksen numero	Määrä kN	Määrä kilonewtoneista kilogrammoiksi	IFC-mallin numero	kg
V101	36	3670	V159	3500
V102	91,7	9348	V19	9175
V103	89,3	9103	V17	9000
V104	26,5	2701	V163	2750
V1051	63,2	6442	V16	6250
V1052	69,7	7105	V139	7000
V106	64,4	6565	V144	6500
V107	117,9	12018	V14	11750
V108	31,7	3231	V164	3250
V109	117,9	12018	V149	11750
V110	63,1	6432	V151	6000
V111	84	8563	V12	8500
V112	90,5	9225	V140	9000
V113	48	4893	V165	5000
V114	105,3	10734	V126	10500
V115	39,5	4027	V127	4000
V116	60,1	6126	V15	6000
V117	22,8	2324	V136	2250
V118	28,9	2946	V157	3000
V119	102,3	10428	V113	10250
V1201	64,7	6595	V141	6500
V1202	66,6	6789	V11	6750
V121	59,8	6096	V166	6000
V122	34,3	3496	V143	3500
V123	118,1	12039	V110	11750
V124	118	12029	V153	11750
V125	79,7	8124	V137	8000
V126	65,2	6646	V156	6500
V127	40,5	4128	V18	4000
I281	68,5	6983	V112	6750
I282	64,2	6544	V121	6500
V201	38	3874	V160	3750
V202	95,9	9776	V122	9500
V203	92,3	9409	V120	9250
V204	25,4	2589	V169	2500
V205	124	12640	V119	12500
V206	66,7	6799	V120	6750
V207	122,2	12457	V117	12250
V208	33,9	3456	V168	3500
V209	122,2	12457	V154	12250
V210	60,8	6198	V116	6000
V211	115,2	11743	V118	11500
V212	43,3	4414	V1212	4250
V213	70,2	7156	V138	7000
V214	45,7	4659	V115	4500
V215	29,9	3048	V158	3000
V2161	48,3	4924	V13	5000
V2162	77,7	7920	V125	7750
V2171	66,9	6820	V111	6750
V2172	69	7034	V114	7000
V218	62,6	6381	V168	6250
V219	36,5	3721	V145	3750
V220	122,8	12518	V123	12250
V221	122,4	12477	V150	12250
V222	83,5	8512	V135	8250
V223	68,1	6942	V155	6750
V224	41,2	4200	V134	4000
V225	121,6	12396	V124	12250
<b>teräsbetonia</b>		<b>421886</b>		<b>414175 kg</b>

Taulukko 1. Piirustusten elementit oli nimetty/numeroitu eri tavoin AutoCAD -piirustuksissa ja IFC -mallissa

### 3.5 Raudoituksen osuus betonista

Elementtien yksikkömuunnoksista on huomioitava, että materiaaliluettelosta on valittavana päästötieto, joka kattaa sekä betonin että raudoituksen. Laskennan alkuvaiheessa tämä ei ollut heti selvää, joten raudoituksen määrää laskettiin aluksi erikseen elementtipiirustuksista. Tämä oli varsin työlästä johtuen muun muassa raudoituksen paksuudesta, määristä ja haoista, verkoista sekä vaihteli esimerkiksi anturoiden ja seinäelementtien osalta. Laskelmissa raudoituksen painoprosentit vaihtelivat elementin mukaan välillä 0,7...0,9 %. Yleisesti raudoituksen osuus betonielementeissä vaihtelee johtuen elementtien mitoituksista.

Raudoituksen osuus voi olla edellä laskettua suurempi. Esimerkiksi julkaisussa *Betoni*, perustietoa arkkitehtipiskelijoille (Väisänen 2010) kuutio tavanomaista raudoitettua betonia painaa noin 2400 kg ja sisältää suunnilleen:

- kiveä 1850 kg
- sementtiä 270 kg
- vettä 190 kg
- terästä 80 kg
- ilmaa 20 litraa.

Tässä raudoitettua betonia ei ole kuvattu tarkemmin, mutta raudoituksen (teräs) osuus on noin 3,3 %. Ympäristöministeriön laskentamalliin on laskettu raudoituksen osuus elementeille, mutta raudoituksen osuus ei käy selville laskentamallin lähtötiedoista, mikä havaittiin puutteeksi.

Raudoituksen hiilidioksidipäästöillä voisi olla merkitystä laskennan kannalta, mikäli laskennassa käytetään tuotekohtaisia tietoja ja halutaan selvittää esimerkiksi kotimaassa ja ulkomailla tuotetun teräksen hiilidioksidipäästöjen eroja.

Valitussa kohdetapauksessa raudoituksen tarkalla määrällä ei ole merkitystä, sillä laskennassa on päädytty käyttämään yleisiä päästötietoja.



### 3.6 Litterointi

Ympäristöministeriön laskentamenetelmässä litterointi tulisi olla Talon 2000 -järjestelmän mukainen, sillä materiaaliluettelo on jaettu litteroinnin perusteella seuraaviin osiin:

- Tontti (1.1. Alueosat)
- Kantavat rakenteet (1.2.1.1.2.3 Talon-osat)
- Vaippa (1.2.4-1.2.6 Talon-osat)
- Kevyet rakenteet (1.3 Tilan-osat)
- Talotekniikka (2.1-2.4 Tekniikkaosat).

Koska urakoitsijalta saatu massaluettelo perustui Talon 80 -järjestelmään, oli materiaalien merkitsemisessä pyrittävä noudattamaan Talon 2000 -järjestelmän nimeistöä.

Rakennusmateriaalit jaettiin Talon 2000 -mukaisesti, käyttäen apuna rakennusselostusohjetta RT 15-11176/Ympäristöministeriön julkaisuja 2019/22 liitettä 1 (Kuittinen 2019).

Laskentamenetelmän materiaalitaulukossa havaittiin muutamia puutteita niin, että kaikkia materiaaleja ei voinut syöttää edellä mainittujen otsikoiden alle. Esimerkiksi Tontti-osaan, ”Piha- ja pohjarakenteisiin” ei voinut syöttää kuin yhdenlaista routaeristettä eli EPS-eristettä, kun kohteessa routaeristeenä käytettiin myös XPS-eristettä ja se oli siten lisättävä Vaippa-osion lämmöneristeisiin. Muutamia vastaavia tapauksia tuli eteen, mutta pääasiassa materiaalit sijoittuivat oikeiden otsikoiden alle.

Laskentamenetelmässä havaitut puutteet on esitetty luvussa 9. Puutteet on esitelty, jotta niistä on mahdollista raportoida Ympäristöministeriöön osana pilottivaihetta laskentamenetelmän jatkokehittelyä varten.

### 3.7 Materiaalien päästötiedot

Laskennassa valittiin käytettäväksi materiaalien geneeriset eli yleiset päästötiedot. Asfaltin ja vaahtolasin osalta menetelmästä puuttuivat yleiset päästötiedot ja

siksi näiden osalta käytettiin tarkennettua laskentaa. Lähteinä käytettiin luotettavaksi oletettuja lähteitä. Työssä ei arvioitu tarkemmin esimerkiksi EPD-tuotekortin luotettavuutta. Huomiona tehtiin se, että Vaahtolasin EPD-tuotekorttia ei ole selosteen mukaisesti hyväksytty ulkopuolisen todentajan toimesta (Uusioaines Oy 2020). Vaahtolasin EPD-kortin laatinut konsultti on kertonut lähtötietona, että tuotekorttia voi käyttää markkinoinnissa lisäinformaationa ja se sisältää ainoastaan ilmastonmuutoksen vaikutusluokan.

Asfaltin päästötietona käytettiin Liikenneviraston vuonna 2014 julkaistun panospohjaisen väylähankeen CO<sub>2</sub>-laskennan pilotointijulkaisua (Liikennevirasto 2014).

XPS-eristeen kohdalla testattiin, voiko kyseisen tuotteen yleisen päästötiedon tuoda Tontti-otsikon alle, kun se ei ollut valittavana, vaan otsikon Vaippa alla lämmöneristeissä. Tuotteen päästötiedon tuominen oikean otsikon alle oli mahdollista, mutta tähän ratkaisuun ei päädytty laajemmin, sillä materiaaliotsikon alle tulostui vain EPS-eriste, vaikka kyseessä oli siis XPS-eriste.

Yleisten päästötietojen käyttäminen kohdetapauksessa oli paras vaihtoehto, sillä tuotekohtaisia EPD-ympäristöselosteita on saatavissa, mutta päästötietojen etsiminen on aikaa kuluttavaa, eikä siihen tässä työssä ryhdytty laajemmin.

Työssä tutkittiin ympäristötuoteselosteita ja tehtiin muutama yksittäinen vertaus yleisen tiedon ja tuotekohtaisen tiedon välillä. Alla on esitetty esimerkki vertailusta.

**Esimerkki 1.** Ecophon Focus Ds 600 mm x 600 mm akustiikkalevy (20 mm, 581 m<sup>2</sup>), valmistajan EPD-selosteen mukaan hiilijalanjälki tuotteelle on 4,25 kg/m<sup>2</sup> (Saint Gobain Finland Oy 2020). Hiilijalanjälki-kerroin lasivillalle on Ympäristöministeriön laskentamenetelmän mukaan 1,530 kgCO<sub>2e</sub>/kg x kohteen materiaalin yhteispaino 1743 kg eli yhteensä 2 667 kg CO<sub>2e</sub>. Tästä johtaen akustiikkalevyn hiilijalanjäljeksi saadaan 2667 kg/581 m<sup>2</sup> eli noin 4,6 kg/m<sup>2</sup>. EPD-selosteen mukainen päästö olisi 4,25 \* 581 m<sup>2</sup> = 2469 kgCO<sub>2e</sub>. Näin ollen yleisen ja tuotekohtaisen ero on akustiikkalevyissä 198 kgCO<sub>2e</sub>.

Tuotekohtainen päästötieto 4,25 kg/m<sup>2</sup> vastaa lähes yleistä päästötietoa 4,6 kg/m<sup>2</sup>. Tuotekohtaisella laskennalla on mahdollisuus osoittaa pienempi materiaali-kohtainen hiilijalanjälki.

### 3.8 Elinkaaren eri vaiheiden päästötiedot

Elinkaaren aikaisten muiden, kuin materiaalitietojen, päästöjen arvioinnissa käytettiin tapaustutkimuksessa laskentamenetelmän yleisiä päästötietoja, jotka on esitetty alla taulukossa 2.

Tyypilliset päästöt (kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> )		
A1–3 Valmistus		<i>(lasketaan aina hankekohtaisin tiedoin)</i>
A4 Kuljetus työmaalle	10,20	Keskimääräinen kuljetusetäisyys Suomessa
A5 Uudisrakennustyömaan toiminnot	27,30	Työmaan energian ja polttonesteiden kulutus
B3–4 Korjausten energiankulutus <sup>12</sup>	2,16	Materiaalien valmistus arvioitava erikseen
B6 Energian käyttö		<i>(lasketaan aina hankekohtaisin tiedoin)</i>
C1 Purkutyömaan toiminnot	7,80	Työmaan energian ja polttonesteiden kulutus
C2 Kuljetus jatkokäsittelyyn	10,20	Keskimääräinen kuljetusetäisyys Suomessa
C3–4 Jätteenkäsittely ja loppusijoitus	15,60	
<b>Yhteensä</b>	<b>73,26</b>	<b>kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup></b>

Taulukko 2. Tyypilliset päästöt (lähde: Kuittinen 2019)

Taulukossa 3 on esitetty laskentamenetelmän käytetyt energiamuotojen päästökertoimet.

	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100	2110	2120
Sähkö	121	57	30	18	14	7	4	2	1	1	0
Kaukolämpö	130	93	63	37	33	22	15	10	7	4	3
Kaukojäähdytys	130	93	63	37	33	22	15	10	7	4	3
Fossiliset polttoaineet	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260
Uuslutuvat polttoaineet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Taulukko 3. Energiamuotojen päästökertoimet gCO<sub>2</sub>/kWh (lähde: Kuittinen 2019)

Laskentamenetelmässä on myös esitetty korjausten hiilijalanjälki, materiaalien vaihtovälit ja vaihtojen määrät 100 vuoden aikana. Nämä tulivat laskentamenetelmään valitun materiaalin perusteella automaattisesti, makrojen mukaisesti.

## 4 Tulokset

Case-tutkimuksen laskentamenetelmän **materiaaliluettelon** mukainen (standardin 15804 EPD, tuotevaiheet A1–A3):

- hiilijalanjälki on 1 273 207 kgCO<sub>2e</sub>
- hiilikädenjälki on –184 644 kgCO<sub>2e</sub>
- materiaalivaihtojen hiilijalanjälki elinkaaren aikana on 498 630 kgCO<sub>2e</sub>.

Koko elinkaaren aikainen laskennan tulos on esitetty kuvassa 6, joka on tuloste Ympäristöministeriön laskentamenetelmän ”Yhteenveto” -osiosta.

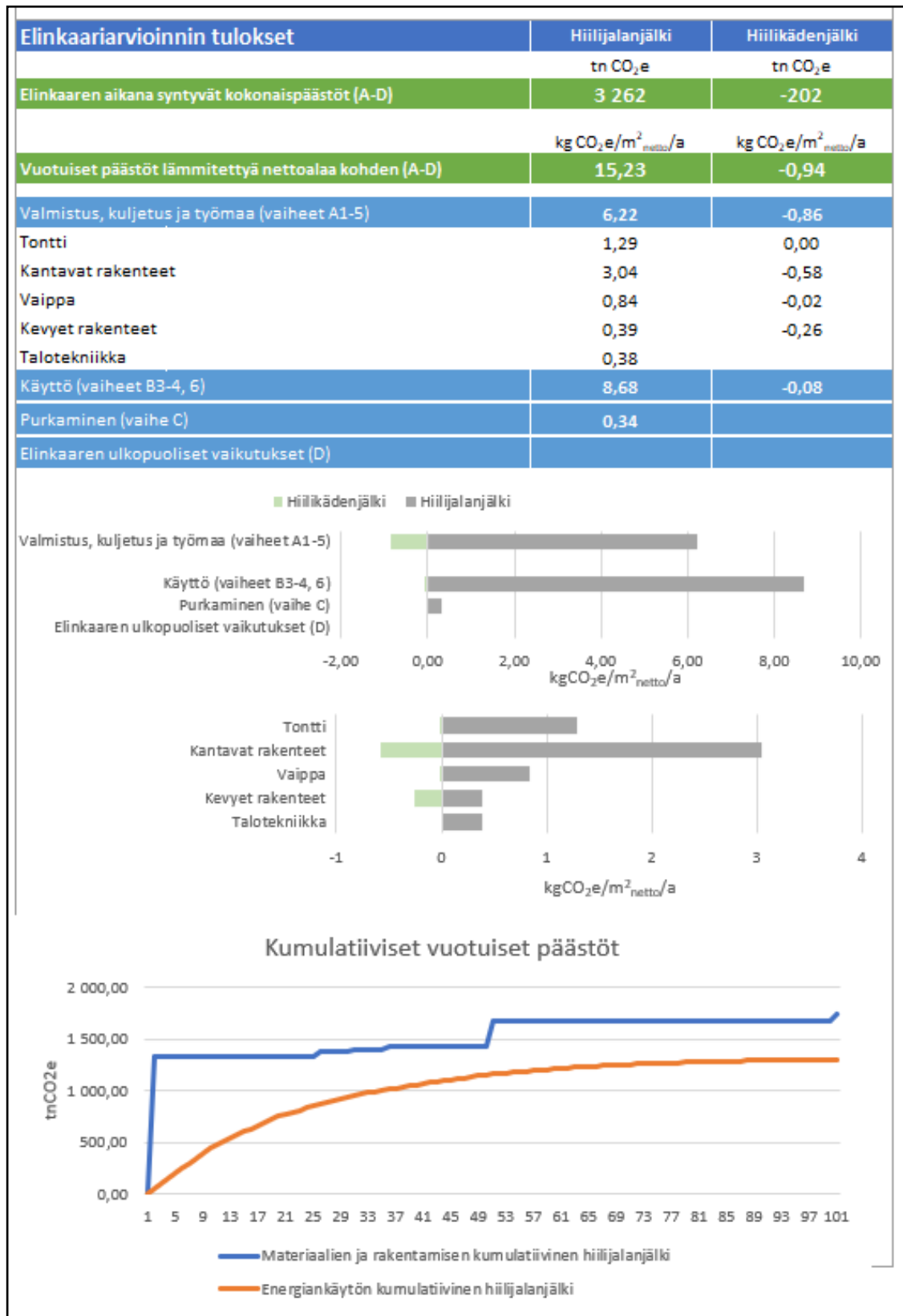
Rakennuksen elinkaaren aikana (100 vuotta, Standardin 15804 vaiheet A–D) syntyvien kokonaispäästöjen hiilijalanjälki on 3 262 000 kgCO<sub>2e</sub> (15,23 kgCO<sub>2e</sub><sub>netto</sub>/m<sup>2</sup>a) ja hiilikädenjälki –202 000 kgCO<sub>2e</sub>.

Yhden rakennuksen hiilijalanjäljen suuruudesta voi saada helpommin käsitettävän kuvan, jos sitä vertaa esimerkiksi Helsinki–Bangkok–Helsinki (15 822 km) meno–paluu-lentomatkan, yhden henkilön tuottamaan hiilidioksidipäästöön, joka Finnairin päästölaskurin mukaan on noin 1650 kgCO<sub>2</sub> (Niemi ym. 2019).

Kyseisen päiväkotirakennuksen elinkaaren aikana (100 vuotta) tuottama hiilidioksidipäästö vastaa siten noin 2000 lentomatkaa välillä Helsinki–Bangkok–Helsinki.

Edellä mainituista luvuista ja kuvasta 6 voi havaita, että suurin hiilijalanjälki aiheutuu rakennuksen käyttövaiheessa (vaihe B), jolloin hiilidioksidipäästöt ovat 8,68 kgCO<sub>2e</sub><sub>netto</sub>/m<sup>2</sup>a (57 %). Rakennuksen valmistus-, kuljetus- ja työmaavaiheen (vaiheet A1–A5) hiilidioksidipäästöt ovat lähes yhtä suuret eli 6,22 kgCO<sub>2e</sub><sub>netto</sub>/m<sup>2</sup>a (41 %). Rakennuksen tuotevaiheen A1–A5 aiheuttamaa päästöä voi verrata 820 lentomatkaan (2000 lentomatkaa \* 41 %) välillä Helsinki–Bangkok–Helsinki.

Seuraavissa luvuissa pohditaan keinoja, joilla rakennuksen suunnitteluvaiheessa eli tuotevaiheessa A1–A3, on mahdollista vaikuttaa hiilidioksidipäästöihin.



Kuva 6. Päiväkoti Laaksokatu 6 hiilijalanjälki

## 5 Herkkyystarkastelu

Herkkyystarkastelulla selvitetään tekijät, jotka vaikuttavat lopputulokseen. Lopputuloksena on käytetty materiaaliluettelon (tuotevaihe A1–A3) mukaista hiilijalanjälkeä 1 273 207 kgCO<sub>2e</sub>. Koko elinkaaren aikaista (vaiheet A–D) hiilijalanjälkeä 3 262 000 kgCO<sub>2e</sub> ei tässä tarkasteltu, koska tarkastelun näkökanta oli tehdä herkkyystarkastelua suunnitteluvaiheessa ja tarkastella miten valituilla rakennusmateriaaleilla voi vaikuttaa hiilijalanjälkeen. Kuten edellä on esitetty, rakennuksen ilmastoa koskevat päästövähennykset ovat erityisen merkittäviä tulevana lähivuosina, jotta ilmastonmuutos on mahdollista pysäyttää. Näin ollen tähän herkkyystarkasteluun ei otettu mukaan koko elinkaaren aikaista hiilijalanjälkeä vaan sen sijaan vain materiaaliluettelon (tuotevaiheen) mukainen hiilijalanjälki.

Herkkyystarkastelua on suoritettu tässä esimerkiksi siten, että laskentamenetelmässä käytettyä arvoa tai tiettyjä arvoja on muutettu ja muut arvot on pidetty vakiona. Menetelmällä on mahdollista havaita muutoksen vaikutus lopputulokseen.

Tässä työssä on esitetty yhdeksän erilaisen herkkyystarkastelun tulokset.

### 5.1 Materiaaleista johtuvat erilaiset hiilidioksidipäästöt

Herkkyysvertailu aloitetaan rakennusmateriaalien kertoimien vertailusta, mikä on esitetty taulukossa 4. Kertoimet on johdettu Ympäristöministeriön laskentamenetelmän Materiaalien päästötiedot -taulukosta, joka on esitetty liitteessä 1.

Taulukon 4 tarkoitus on havainnollisesti esittää minkälaiset rakennusmateriaalit tuottavat eniten hiilidioksidiekvivalenttipäästöjä (kgCO<sub>2e</sub>/kg).

Taulukkoa voisi käyttää suunnittelussa karkeana arviointitaulukkona esimerkiksi hankesuunnitteluvaiheessa, kun mietitään vaihtoehtoisia rakennusmateriaaleja ja hankesuunnittelussa halutaan huomioidavan hiilidioksidipäästöt.

Rakennusmateriaalit, kertoimien vertailu suurusjärjestyksessä		
rakennusmateriaali	suuntaa antava kerroin hiilijalanjälki kgCO <sub>2</sub> e/kg	hiilikädenjälki kgCO <sub>2</sub> e/kg
muovi	4,100	
alumiini	3,200	
kumi	3,140	
teräs	2,840	
kuitukangas	2,200	
kupari	2,104	
betoniteräs	0,474	
kevytsora	0,459	
kipsilevy	0,419	
lasi	1,300	
keraaminen laatoitus	0,704	
lastulevy	0,614	-1,06
luonnonkivi	0,408	
kevyt betoni	0,288	
vaneri	0,283	-1,64
poltettu tiili	0,241	
teräsbetoni	0,200	
kalkkihiekka-tiili	0,154	
betoni C35	0,146	
kierrätyspaperi	0,126	
puuranka, sahatavara	0,092	-1,55
sora ja hiekka	0,005	

Taulukko 4. Rakennusmateriaalien kertoimien vertailua

## 5.2 Suurimpien päästöjen hiilijalanjäljen pienentäminen

Taulukossa 5 on esitetty herkkyystarkastelu, jossa Excel-tilaukseen liitettiin 1 taulukoista suurimmat hiilijalanjäljen aiheuttavat rakennusosat, huomioiden niiden massamäärä ja hiilidioksidipäästökerroin. Suurin hiilidioksidipäästö case-tapauksessa aiheutuu kantavista teräsbetonirakenteista eli ulkoseinä- ja sokkelielementeistä, peruspalkki- ja perusmuurielementeistä sekä väliseinäelementeistä.

Merkittävimpien (30 kpl) CO<sub>2</sub> -päästölähteiden hiilijalanjälki oli yhteensä 914 096 kgCO<sub>2</sub>e, kun koko päiväkodin kokonaishiilijalanjälki tuotevaiheessa on 1 273 207

kgCO<sub>2</sub>e. Tämä merkitsee, että 30 suurinta hiilidioksidipäästöjä aiheuttavaa materiaalia vastaavat noin 72 % koko päiväkodin tuotevaiheen (A1–A3) hiilijalanjäljestä.

Yksittäisistä materiaaleista esimerkiksi paalutuksen osuus on case-tapauksen perusteella noin 6 % päiväkodin tuotevaiheen hiilijalanjäljestä.

Vaihtoehtoisia materiaalitarkasteluja voisi tehdä suunnitteluvaiheessa ja näin vähentää merkittävästi hiilidioksidipäästöjä.



Suurimmat hiilijalanjäljet, Päiväkoti, Laaksokatu 6 Lahti					
Hiilijalanjälki ~ >10 000 kgCO <sub>2</sub> e					
Sija	Littera	Rakennusosa	Määrä kg	Hiilijalanjälki kgCO <sub>2</sub> e	
1.	305701	ulkoseinä- ja sokkelielementit	715 087	138 012	
2.	305101	peruspalkki- ja perusmuurielementit	440 118	86 263	
3.	305201	väliseinäelementit	421 886	85 221	
4.	1430	lyöntipaalut yht. 3155 m	489 025	77 266	
5.	212210	anturan betonointi C30/37, 171 m <sup>3</sup>	393 000	57 378	
6.	554 110	julkisivumuuraus, 1000 m <sup>2</sup>	202 500	48 803	
7.	172200	jakava kerros sora, 3564 m <sup>3</sup>	7 840 000	39 200	
8.	174600	reunakivi 1, 367 jm	253 230	34 693	
9.	174115	pihakivi 1, noppa, 126 m <sup>2</sup>	23 000	29 187	
10.	423202	lasikaton teräsrunko	9 183	25 602	
11.	163200	ontelolaataston alle vaahtolasi 300 mm, 323m <sup>2</sup>	74 290	23 030	
12.	454220	VS4-5 kevyet muuratut väliseinät, Kahi 30 mm, 533 m <sup>2</sup>	131 100	20 189	
13.	333150	WQ-palkit	6 849	19 095	
14.	416410	puuikkunat, 199 m <sup>2</sup>	199	17 354	
15.	413210	metalli-ikkunat, 146 m <sup>2</sup>	146	16 660	
16.	518010	kumibitumikermi, 1289 m <sup>2</sup>	1289	16 277	
17.	357010	polyuretaanieriste, 80 mm, 1330 m <sup>2</sup>	3 710	16 153	
18.	562204	pintabetoni, VP1, 711 m <sup>2</sup>	110 400	16 118	
19.	720010	ilmanvaihtotyöt, 9703 rm3, 2142 m <sup>2</sup>	2 142	14 930	
20.	710010	lämpötekniset työt, patteriverkosto 9703 rm3, 2142 m <sup>2</sup>	2142	14 287	
21.	357020	polyuretaanieriste, 70 mm, 1270 m <sup>2</sup>	3 115	13 563	
22.	370104	YP1, puhallusvilla	8 450	12 929	
23.		aurinkopaneelit, kiteinen aurinkopaneeli, 53 m <sup>2</sup>	53	12 826	
24.	710015	sprinkler-työt, 9703 rm3, 2142m <sup>2</sup>	2 142	12 531	
25.	305801	parvekelaattaelementit	74 893	11 983	
26.	370156	YP2, kivivilla 360 mm, 348 m <sup>2</sup>	11 250	11 543	
27.	426010	puusisäikkunat, 130 m <sup>2</sup>	130	11 337	
28.	730010	sähkötyöt, 9703 rm3, 2142m <sup>2</sup>	2 142	11 310	
29.	174620	reunakivi 3, 241 m <sup>2</sup>	77 510	10 619	
30.	280225	verstas betonointi C30/37, 29 m <sup>3</sup>	66 700	9 738	
		<b>YHTEENSÄ</b>		<b>914 096</b>	
		Päiväkodin tuotevaiheen (A1-A3) hiilijalanjälki		1 273 207	
		30. merkittävimmän CO <sub>2</sub> e-päästölähteen osuus		72	%

Taulukko 5. Suurimmat hiilijalanjäljet rakennusosittain

Taulukossa 6 on esitetty yksi mahdollinen vaihtoehtoinen tarkastelu hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi. Tässä vertailussa osa rakenteista on vaihdettu puuksi mutta ei esimerkiksi kaikkia kantavia rakenteita. Tämän vertailu on yksinkertaistettu vertailu, jossa betonikilomäärät on muutettu puukilomääräksi. Tässä vertailussa ei ole huomioitu materiaalien mahdollisia muuttuvia rakennepaksumuksia tai

materiaalin tiheyttä. Näin ollen vertailun tuottama prosenttiluku on suuntaa antava. Tarkempi vertailu vaatisi puurakenteiden mitoituksesta saatavia kilomääriä.

Esimerkkejä, vaihtoehtoisista rakennusmateriaaleista, periaatteellinen, voi hyödyntää jatkotarkasteluja varten eri materiaaleilla					
Sija	Littera	Rakennusosa	Määrä kg	Hiilijalanjälki kgCO <sub>2</sub> e	Hiilikädenjälki kgCO <sub>2</sub> e
1.	305701	ulkoseinä- ja sokkelielementit	715 087	138 012	
2.	305201	väliseinäelementit, CLT	421 886	88 596	-653 923
3.	305101	peruspalkki- ja perusmuurielementit	440 118	86 263	
4.	1430	lyöntipaalu yht. 3155 m	489 025	77 266	
5.	212210	anturan betonointi C30/37, 171 m <sup>3</sup>	393 000	57 378	
6.	172200	jakava kerros sora, 3564 m <sup>3</sup>	7 840 000	39 200	
7.	454220	kevyet muuratut väliseinät, CLT	131 100	27 531	-203 205
8.	163200	ontelolaataston alle vaahtolasi 300 mm, 323m <sup>2</sup>	74 290	23 030	
9.	333150	WQ-palkit	6 849	19 095	
10.	554 110	julkisivuverhoilu, puu, 1000 m <sup>2</sup>	202 500	18 630	-313 875
11.	416410	puuikkunat, 199 m <sup>2</sup>	199	17 354	
12.	518010	kumibitumikermi, 1289 m <sup>2</sup>	1289	16 277	
13.	357010	polyuretaanieriste, 80 mm, 1330 m <sup>2</sup>	3 710	16 153	
14.	562204	pintabetoni, VP1, 711 m <sup>2</sup>	110 400	16 118	
15.	720010	ilmanvaihtotyöt, 9703 rm3, 2142 m <sup>2</sup>	2 142	14 930	
16.	710010	lämpötekniset työt, patteriverkosto 9703 rm3, 2142 m <sup>2</sup>	2142	14 287	
17.	357020	polyuretaanieriste, 70 mm, 1270 m <sup>2</sup>	3 115	13 563	
18.	413210	puuikkunat, 146 m <sup>2</sup>	146	12 732	
19.	710015	sprinkler-työt, 9703 rm3, 2142m <sup>2</sup>	2 142	12 531	
20.	305801	parvekelaattaelementit	74 893	11 983	
21.	426010	puusisäikkunat, 130 m <sup>2</sup>	130	11 337	
22.	730010	sähkötyöt, 9703 rm3, 2142m <sup>2</sup>	2 142	11 310	
23.	330230	ontelolaattojen saumavalut	63 600	9 286	
26.		aurinkopaneelit, ohutkalvopaneeli, 53 m <sup>2</sup>	53	3 551	
24.	423202	lasikaton runko, kertopuu	9 183	2 599	-14 234
27.	370156	YP2, selluvilla 360 mm, 348 m <sup>2</sup>	11 250	1 418	
28.	174600	sora, 367 jm	253 230	1 266	
25.	370104	YP1, selluvilla	8 450	1 065	
30.	174620	sora, 241 m <sup>2</sup>	77 510	388	
29.	174115	sora, 126 m <sup>2</sup>	23 000	115	
		<b>YHTEENSÄ</b>		<b>763 262</b>	
		Päiväkodin tuotevaiheen (A1-A3) hiilijalanjälki		1 273 207	-1 185 237
				60	%

Taulukko 6 vaihtoehtoinen tarkastelu hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi

Hiilijalanjälkeä on pienennetty vaihtamalla väliseiniä ja ulkoverhoilua puurakenteisiksi, muuttamalla yläpohjan eriste selluvillaksi sekä pihan betonilaatat soraksi. Näillä vaihdoksilla päiväkodin tuotevaiheen hiilijalanjälkeä olisi mahdollista pienentää noin 12 % (vertaa taulukon 5 luku 72 %). Päiväkodin hiilikädenjälkeä liittäisiin eli rakennukseen sitoutuisi hiilidioksidia puun muodossa. Päiväkoti olisi lähes hiilineutraali tuotevaiheessa, sillä hiilidioksidipäästöt vastaisivat lähes hiilikädenjälkeä.

### 5.3 Pihamateriaalien osuus hiilijalanjäljestä

Taulukossa 7 on esitetty herkkyystarkastelu, jossa vasemmanpuoleisessa taulukossa on esitetty pihamateriaaleja (pois lukien täytöt, tasaukset ja sorat sekä muuri). Näiden esitettyjen pihamateriaalien, koostuen asfaltista ja betonilaatoista, osuus päiväkodin tuotevaiheen hiilijalanjäljestä on noin 9 %. Mikäli asfaltti ja betonilaatat korvataan soralla, on hiilijalanjälkeä mahdollista pienentää 9 %:lla, sillä soran hiilijalanjälki on pieni.

Soran lisäksi olisi hyödyllistä hyödyntää pihamateriaalina kierrätettyä betonia, jolloin ei tarvitsisi käyttää ns. neitseellistä raaka-ainetta eli soraa. Soranotolla on ympäristövaikutuksia, joita ei hiilijalanjälkilaskelmassa ole huomioitu.

Pihamateriaalina betoni karbonatisoituu ja sitoo ilmasta hiilidioksidia, mikä lisää kierrätysbetonin hiilikädenjälkeä. Ympäristöministeriön laskentamenetelmässä ei ole annettu kierrätysbetonille hiilikädenjälkikerrointa eikä sitä ole tässä yhteydessä erikseen laskettu.

Pihamateriaalin hiilijalanjäljet (poislukien täytöt, tasaukset ja sora/hiekka sekä muuri), Päiväkoti, Laaksokatu 6 Lahti								
Littera	Rakennusosa	Määrä kg	Hiilijalanjälki kgCO <sub>2</sub> e	Littera	Rakennusosa	Määrä kg	Hiilijalanjälki kgCO <sub>2</sub> e	
173110	asfaltti, AB11, 349 m <sup>2</sup>	70 000	2 520	173110	sora, hiekka	70 000	350	
173120	asfaltti, AB16, 1610 m <sup>2</sup>	54 000	2 160	173120	sora, hiekka	54 000	270	
174110	pihakivi 1, 253 m <sup>2</sup> (laatoitus, betoni)	46 000	29 192	174110	sora, hiekka	46 000	230	
174120	pihakivi 2, noppa, 253 m <sup>2</sup> (laatoitus, betoni)	38 410	5 269	174120	sora, hiekka	38 410	192	
174130	pihakivi 3, 126 m <sup>2</sup> (pihalaatoitus betoni)	63 020	8 645	174130	sora, hiekka	63 020	315	
174140	pihakivi 4, 151 m <sup>2</sup> (pihalaatoitus, betoni)	27 830	3 818	174140	sora, hiekka	27 830	139	
174200	betonilaatta, 116 m <sup>2</sup>	10 580	14 51	174200	sora, hiekka	10 580	53	
174210	maakosteabetoni, laatan kiinnitys	23 920	3 281	174210	sora, hiekka	23 920	120	
174600	reunakivi 1, 367 jm	253 230	34 738	174600	sora, hiekka	253 230	1 266	
174610	reunakivi 2, 75 jm	51 750	7 099	174610	sora, hiekka	51 750	259	
174620	reunakivi 3, 241 jm	77 510	10 633	174620	sora, hiekka	77 510	388	
174630	reunakivi 4, 128 jm	41 170	5 648	174630	sora, hiekka	41 170	206	
174640	reunakivi 5, 124 jm	40 020	5 490	174640	sora, hiekka	40 020	200	
280233	verstaan pihalaatta, 3 m <sup>2</sup>	345	47	280233	sora, hiekka	345	2	
	Yhteensä:		118 540				3 989	
	Päiväkodin tuotevaiheen (A1-A3) hiilijalanjälki		1 273 207					
			9	%			0	%

Taulukko 7. Pihamateriaalien hiilijalanjälki

On huomioitava, että yleisesti ympäristön kannalta olisi suotavaa pyrkiä eroon tiivisrakenteisista pihan pintamateriaaleista. Lisäämällä pihojen nurmea ja muuta kasvillisuutta edistetään hiilidioksidin sitoutumista ilmakehästä. Sorapeitteisyyttä

lisäämällä edistetään pohjaveden muodostumista. Lisäksi on mahdollista vähentää syntyviä hulevesiä ja siten vaikuttaa kaupunkitulvien vähentämiseen sekä parantaa lähialueen pintavesien laatua.

## 5.4 Rakenteet puuksi

Taulukossa 8 on esitetty betonirakenteiden korvaamista puulla. Tässä ratkaisussa tuotevaiheen hiilijalanjälki pienenee case-tapauksessa 16 %. Huomioitavaa on, että rakennuksessa hiilikädenjälki on tällöin hyvin merkittävä. Hiilikädenjälki on hiilijalanjälkeä reilusti suurempi ja rakennus on siten tässä tapauksessa hiilineutraali.

Rakenteet puuksi				Rakenteet puuksi			
Littera	Rakennusosa (betoni+teräs)	Määrä kg	Hiilijalanjälki kgCO <sub>2</sub> e	Rakennusosa (puu, sahatavara)	Määrä kg	Hiilijalanjälki kgCO <sub>2</sub> e	Hiilikädenjälki kgCO <sub>2</sub> e
305201	väliseinäelementit	421 886	85 221	väliseinäelementit	421 886	38 814	-60 161
305301	pilariementit	15 454	3 323	pilariementit	15 454	1 422	-2 204
305601	laattaelementit	18 451	2 952	laattaelementit	18 451	1 697	-2 631
305701	ulkoseinä- ja sokkelielementit	715 087	138 012	ulkoseinä- ja sokkelielementit	715 087	65 788	-101 971
306101	kaide-elementit	27 411	5 373	kaide-elementit	27 411	2 522	-3 909
306201	porraslementit	18 451	2 952	porraslementit	18 451	1 697	-2 631
307020	väliseinäelementtien alasauman valu	30 820	6 226	väliseinäelementtien alasauman valu	30 820	2 835	-4 395
307020	väliseinäelementtien pystysauman valu	7 500	1 515	väliseinäelementtien pystysauman valu	7 500	690	-1 070
307060	ulkoseinäelementtien alasauman valu	14 835	2 863	ulkoseinäelementtien alasauman valu	14 835	1 365	-2 115
307070	ulkoseinäelementtien pystysauman valu	25 250	4 040	ulkoseinäelementtien pystysauman valu	25 250	2 323	-3 601
330210	ontelolaattojen saumavalut	63 600	9 286	ontelolaattojen saumavalut	63 600	5 851	-9 069
330230	ontelolaattojen sauma- ja rengasteräksät	3 821	1 811	ontelolaattojen sauma- ja rengasteräksät	3 821	352	-545
332110	laattojen rauditus, B500B	451	214	laattojen rauditus, B500B	451	41	-64
332112	laattojen rauditus, B600XA	9	4	laattojen rauditus, B600XA	9	1	-1
332150	raudoituksen B500B työ- ja jatkoteräksät	85	40	raudoituksen B500B työ- ja jatkoteräksät	85	8	-12
332160	laattojen verkkoraudoitus B500A	1 572	745	laattojen verkkoraudoitus B500A	1 572	145	-224
332210	laattojen betonointi, 21 m	48 300	7 052	laattojen betonointi, 21 m	48 300	4 444	-6 888
333150	WQ-palkit	6 849	19 095	WQ-palkit	6 849	630	-977
361080	katos, sisäänkäynnin teräsrunko	987	2 803	katos, sisäänkäynnin teräsrunko	987	91	-141
361090	liittopilarit, teräs	3 325	9 270	liittopilarit, teräs	3 325	306	-474
361098	liittopilarit, rauditus	155	73	liittopilarit, rauditus	155	14	-22
361099	liittopilarit, betonointi 5 m <sup>3</sup>	11 500	2 013	liittopilarit, betonointi 5 m <sup>3</sup>	11 500	1 058	-1 640
361220	ulokekatos, UPE palkki	82	229	ulokekatos, UPE palkki	82	8	-12
562110	pintabetonin verkkoraudoitus, B500A	5 051	2 394	pintabetonin verkkoraudoitus, B500A	5 051	465	-720
562112	pintabetonin verkkoraudoitus, B500A	607	288	pintabetonin verkkoraudoitus, B500A	607	56	-87
562200	pintabetoni, AP3, 46 m <sup>2</sup>	6 900	1 007	pintabetoni, AP3, 46 m <sup>2</sup>	6 900	635	-984
562202	pintabetoni, VP5, 60 m <sup>2</sup>	9 200	1 343	pintabetoni, VP5, 60 m <sup>2</sup>	9 200	846	-1 312
562204	pintabetoni, VP1, 711 m <sup>2</sup>	110 400	16 118	pintabetoni, VP1, 711 m <sup>2</sup>	110 400	10 157	-15 743
562208	pintabetoni, VP2, 307 m <sup>2</sup>	50 600	7 388	pintabetoni, VP2, 307 m <sup>2</sup>	50 600	4 655	-7 216
562210	pintabetoni, AP2, 33 m <sup>2</sup>	6 900	1 007	pintabetoni, AP2, 33 m <sup>2</sup>	6 900	635	-984
562212	pintabetoni, VP3, 134 m <sup>2</sup>	39 100	5 709	pintabetoni, VP3, 134 m <sup>2</sup>	39 100	3 597	-5 576
562220	kallistusbetoni, AP5, 124 m <sup>2</sup>	43 700	6 380	kallistusbetoni, AP5, 124 m <sup>2</sup>	43 700	4 020	-6 232
562222	kallistusbetoni, AP4, AP7, 203 m <sup>2</sup>	39 100	17 986	kallistusbetoni, AP4, AP7, 203 m <sup>2</sup>	39 100	3 597	-5 576
325205	pilariementit, 2 kpl, 14 jm	5 050	1 086	pilariementit, 2 kpl, 14 jm	5 050	465	-720
325250	pilariementit, 10 kpl, 33 jm	9 075	1 951	pilariementit, 10 kpl, 33 jm	9 075	835	-1 294
	Yhteensä:		367 768	Yhteensä:		162 064	-251 199
	Päiväkodin tuotevaiheen (A1-A3) hiilijalanjälki em. CO <sub>2</sub> e-päästölähteiden osuus		1 273 207			13	%

Taulukko 8. Betonirakenteet puuksi

## 5.5 Määrien merkityksestä

Tässä herkkyystarkasteluosiossa pohdittiin määrien merkitystä. Taulukossa 9 on esitetty samat rakennusosat kuin taulukossa 2, mutta kilogrammoina esitetyt määrät on pyöristetty sadan kilon tarkkuudella. Pyöristys vaikutti hiilijalanjälkeen niin, että 30. merkittävimmän rakennusosan kokonaishiilijalanjälki oli alun perin tarkemmilla kilomäärillä 914 096 kgCO<sub>2e</sub> ja sadan kilon pyöristyksellä hiilijalanjälki oli 911 300 kgCO<sub>2e</sub>. Taulukossa oli myös neliömetreihin perustuvia massoja, mutta niitä ei muutettu. Pyöristyksestä huolimatta 30. merkittävimmän CO<sub>2e</sub> -päästölähteen osuus oli molemmilla tavoin laskien noin 72 % koko päiväkodin hiilijalanjäljestä eli näin laskien merkittävää muutosta ei ole.

Ympäristöministeriön laskentamenetelmässä materiaaliluettelo on mahdollista laittaa kiloa suuremmat rakennusmateriaalit. Laskentamenetelmässä tulee muistaa asetetut rajaukset. On huomioitava, että case-tapauksessa 30. hiilijalanjäljeltään suurinta rakennusmateriaalia vastasi 72 % tuotevaiheen hiilijalanjäljestä. Hiilijalanjäljeltään pienemmät rakennusmateriaalit olivat yhteensä 28 %, joten näilläkin on päästövähennysten kannalta merkitystä.

Suurimmat hiilijalanjäljet, Päiväkoti, Laaksokatu 6 Lahti				
Hiilijalanjälki ~ >10 000 kgCO <sub>2</sub> e				
Sija	Littera	Rakennusosa	Määrä kg	Hiilijalanjälki kgCO <sub>2</sub> e
1.	305701	ulkoseinä- ja sokkelielementit	715 100	138 014
2.	305101	peruspalkki- ja perusmuurielementit	440 100	86 260
3.	305201	väliseinäelementit	421 900	85 224
4.	1430	lyöntipaalut yht. 3155 m	489 000	77 262
5.	212210	anturan betonointi C30/37, 171 m <sup>3</sup>	393 000	57 378
6.	554 110	julkisivumuuraus, 1000 m <sup>2</sup>	202 500	48 803
7.	172200	jakava kerros sora, 3564 m <sup>3</sup>	7 840 000	39 200
8.	174600	reunakivi 1, 367 jm	253 200	34 688
9.	174115	pihakivi 1, noppa, 126 m <sup>2</sup>	23 000	29 187
10.	423202	lasikaton teräsrunko	9 200	25 650
11.	163200	ontelolaataston alle vaahtolasi 300 mm, 323m <sup>2</sup>	74 300	23 033
12.	454220	VS4-5 kevyet muuratut väliseinät, Kahi 30 mm, 533 m <sup>2</sup>	131 100	20 189
13.	333150	WQ-palkit	6 800	18 958
14.	416410	puuikkunat, 199 m <sup>2</sup>	199	17 354
15.	413210	metalli-ikkunat, 146 m <sup>2</sup>	146	16 660
16.	518010	kumibitumikermi, 1289 m <sup>2</sup>	1289	16 277
17.	357010	polyuretaanieriste, 80 mm, 1330 m <sup>2</sup>	3 710	16 153
18.	562204	pintabetoni, VP1, 711 m <sup>2</sup>	110 400	16 118
19.	720010	ilmanvaihtotyöt, 9703 rm3, 2142 m <sup>2</sup>	2 142	14 930
20.	710010	lämpötekniset työt, patteriverkosto 9703 rm3, 2142 m <sup>2</sup>	2142	14 287
21.	357020	polyuretaanieriste, 70 mm, 1270 m <sup>2</sup>	3 115	13 563
22.	370104	YP1, puhallusvilla	8 500	13 005
23.		aurinkopaneelit, kiteinen aurinkopaneeli, 53 m <sup>2</sup>	53	12 826
24.	710015	sprinkler-työt, 9703 rm3, 2142m <sup>2</sup>	2 142	12 531
25.	305801	parvekelaattaelementit	74 900	11 984
26.	370156	YP2, kivivilla 360 mm, 348 m <sup>2</sup>	11 300	11 594
27.	426010	puusisäikkunat, 130 m <sup>2</sup>	100	8 721
28.	730010	sähkötyöt, 9703 rm <sup>3</sup> , 2142m <sup>2</sup>	2 100	11 088
29.	174620	reunakivi 3, 241 m <sup>2</sup>	77 500	10 618
30.	280225	verstas betonointi C30/37, 29 m <sup>3</sup>	66 700	9 738
		<b>YHTEENSÄ</b>		<b>911 293</b>
		Päiväkodin tuotevaiheen (A1-A3) hiilijalanjälki		1 273 207
		30. merkittävimmän CO <sub>2</sub> e-päästölähteen osuus		72 %

Taulukko 9. Kilojen pyöristys satoihin kiloihin

Rakennusmateriaalit, jotka lasketaan neliömetreittäin, aiheuttavat keskimäärin suurimmat kertoimet. Taulukossa 10 on ilmoitettu esimerkkejä neliömäärissä ilmoitettavista rakennusmateriaalien kertoimista. Nämä on johdettu liitteen 1 Ympäristöministeriön laskentamenetelmän Materiaalien päästötiedot -osiosta. Kertoimia on hyvä vertailla niin, että suunnitteluvaiheessa tulisi mahdollisuuksien

mukaan valita mahdollisimman pienikertoimisia materiaaleja ja tarpeen vaatiessa vähentää esimerkiksi pinta-alaa. Useimmat näistä ovat kuitenkin sellaisia, että todellisia vaihtoehtoja ei ole.

<b>Esimerkkejä neliömäärissä ilmoitettavien rakennusmateriaalien kertoimista</b>		
<b>Materiaali</b>	<b>kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup></b>	
hissi	7585,000	
kiteinen aurinkopaneeli	242,000	
puu-alumiini-ikkuna	114,110	
puuikkuna	87,206	
ohutkalvopaneeli (aurinkopaneeli)	76,000	
ikkunat, 4 lasikerrosta, 6 mm	40,950	
ikkunat, 3 lasikerrosta, 4 mm	20,475	
ovi, ulko metalli	20,097	
ovi, sisä	34,823	
bitumikermi, pinta + 2 alus, 13,3 kg/m <sup>2</sup>	12,628	
ovi, lasi	9,920	
lasiverhoilu ja seinät	9,915	
ilmanvaihtojärjestelmä	6,970	
patteriverkosto	6,670	
sprinkler-järjestelmä	5,850	
aluskermi, 2,4 kg/m <sup>2</sup>	5,489	
vesijohtojärjestelmä	2,700	

Taulukko 10. Esimerkkejä neliömäärissä ilmoitettavista rakennusmateriaaleista

## 5.6 Rakennusmateriaalien vertailua

Taulukossa 11 on esitetty esimerkkejä rakennusmateriaalien kertoimien vertailusta. Kertoimet ovat Ympäristöministeriön laskentamenetelmästä. Kertoimien perusteella suunnitteluvaiheessa on mahdollista vähentää rakennuksen hiilijalanjälkeä. Taulukon perusteella voi havaita, että materiaalivalinnoilla on merkitystä.

Esimerkkejä hiilijalanjälkikertoimien vertailusta		
Rakennusosa	kerroin hiilijalanjälki kgCO <sub>2</sub> e/kg	kerroin hiilikädenjälki kgCO <sub>2</sub> e/kg
<b>paalut</b>		
paalut, teräsputki	0,284	
paalut, betoni, 250x150	0,158	
<b>pihan pintamateriaalit</b>		
noppakiveys	1,269	
sora ja hiekka	0,005	
<b>palkit ja pilarit</b>		
palkki, teräsputki, pintakäsitelty	2,94	
palkki tai pilari, liimapuu	0,356	-1,62
palkki tai pilari, kertopuu	0,283	
palkki, betoni+teräkset	0,194	
palkki tai pilari, puu	0,092	-1,55
<b>laatat</b>		
liittolaatta	0,372	
ontelolaatta 150	0,178	
massiivilaatta, betoni+teräkset	0,16	
<b>seinät</b>		
muurattu poltettu tiili 130 + laasti	0,241	
CLT-seinä	0,21	-1,55
betoniväliseinä	0,202	
betonielementti, sisäkuori 100 mm + teräs	0,191	
muurattu rakenne, kahiharkko, 130+laasti	0,151	
liimahirsiseinä	0,142	-1,47
hirsiseinä, 270 mm	0,112	-1,55
puuranka, sahatavara	0,092	-1,55
<b>portaat</b>		
teräs	2,84	
betoni	0,247	
puu	0,088	-1,55
<b>lämmöneristeet</b>		
polyuretaani	4,354	
EPS	3,47	
XPS	2,64	
lasivilla	1,53	
<b>ulkoverhoilu</b>		
teräskasetti+maali	2,95	
turvalasi	1,338	
kerääminen laatoitus	0,704	
luonnonkivi, 20 mm	0,408	
tiililaatta	0,23	
puu	0,092	-1,55

Taulukko 11. Esimerkkejä rakennusmateriaalien kertoimien vertailusta



## 5.7 Rakennustekninen käyttöikä ja vertaus muihin hankkeisiin

Valitussa tarkastelussa rakennuksen tekniseksi käyttöikäksi määriteltiin 100 vuotta hankesuunnitelman mukaisesti. Mikäli tekniseksi iäksi määritellään 50 vuotta, kuten elinkaariarvioinneissa yleisesti määritellään, saadaan elinkaariarvioinnista tuloksia, joita voi verrata tehtyjen hankkeiden tuloksiin.

Kuvassa 7 on esitetty ”Yhteenveto”-osion tulokset, mikäli rakennuksen tekniseksi käyttöikäksi valitaan 100 vuoden sijasta 50 vuotta. Tällöin rakennuksen elinkaaren aikana (vaiheet A–D) syntyvät kokonaispäästöt ovat 2 706 kgCO<sub>2e</sub> (25,56 kgCO<sub>2e</sub><sub>netto</sub>/m<sup>2</sup>a) ja hiilikädenjälki on –201 000 kgCO<sub>2e</sub>.

Tuloksia voi tässä vaiheessa verrata luvun 4 ”Yhteenvedon”-tuloksiin 100 vuodelle, jossa rakennuksen elinkaaren aikana (vaiheet A–D) syntyvät kokonaispäästöt olivat 3 262 kgCO<sub>2e</sub> (15,23 kgCO<sub>2e</sub><sub>netto</sub>/m<sup>2</sup>a) ja hiilikädenjälki oli –202 000 kgCO<sub>2e</sub>.

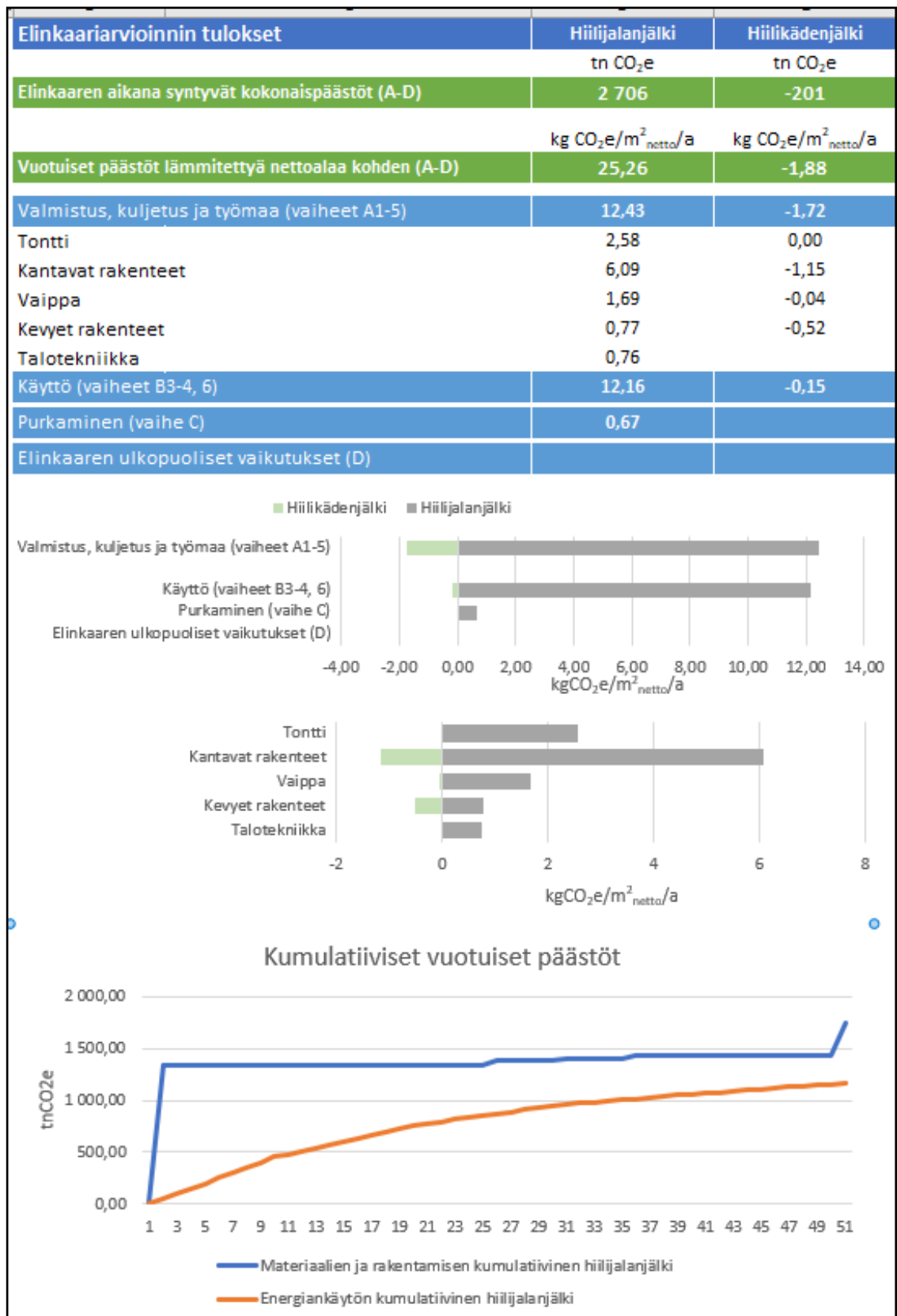
Ympäristöministeriön TALO-hankkeessa (Kangas ym. 2019) on arvioitu, että valtakunnallinen määräystason raja-arvo voisi olla 15 kgCO<sub>2e</sub>/m<sup>2</sup> vuosi (tekninen käyttöikä 50 vuotta). Kyseinen raja-arvo ei ole TALO-hankkeen tutkimusryhmän suositus tai arvio, joka olisi realistisesti saavutettavissa. Taso arvioitiin julkaisussa sellaiseksi, että sillä saataisiin käyntiin muutoksia nykyisissä uusien kerrostalojen rakennustavoissa. TALO-hankkeessa on päädytty käyttämään erittäin vähähiilisen uuden asuinkerrostalon raja-arvona 10 kgCO<sub>2e</sub>/m<sup>2</sup> vuosi, kun suunniteltu käyttöikä on 50 vuotta ja raja-arvoa 5,8 kgCO<sub>2e</sub>/m<sup>2</sup> vuosi, kun suunniteltu käyttöikä on 100 vuotta.

Tässä luvussa saatu vertailuluku 25,56 kgCO<sub>2e</sub>/m<sup>2</sup>a (50 vuotta) ylittää reilusti esitetyn raja-arvon 15 kgCO<sub>2e</sub>/m<sup>2</sup>a. On huomioitava, että julkisille rakennuksille tulisi todennäköisesti toiset raja-arvot, mutta niistä ei ollut tämän opinnäytetyön aikana tietoa.

Mikäli teoreettinen raja-arvo olisi 15 kgCO<sub>2e</sub>/m<sup>2</sup>a, olisi teoreettinen päästövähennystavoite 41 % (25,56-15=10,56 kgCO<sub>2e</sub>/m<sup>2</sup>a).

Case-tapauksen perusteella 41 %:n päästövähennystavoite olisi hyvin tiukka kyseisessä kohteessa ja vaatisi merkittäviä muutoksia rakennuksen suunnitteluun.

On huomioitava, että raja-arvojen vertailtavuudesta ei ole tarkempaa tietoa, onko laskenta tapahtunut samoilla periaatteilla kuin tässä kohdetapauksessa. Pilottivaiheesta tulee mahdollisesti tarkempia vertailutietoja jatkoa ajatellen.



Kuva 7. "Yhteenvedo"-osion tulos, mikäli rakennustekniseksi käyttöiäksi olisi määritelty 50 vuotta

## 5.8 Rakennuksen korjausten hiilijalanjälki

Liitteen 1 yhteenvedon perusteella materiaalivaihtojen hiilijalanjälki on 498 630 kgCO<sub>2e</sub>. Kun lukuun lisätään taulukon 2 korjausten energiankulutus, joka on 2,16 kgCO<sub>2e</sub>/m<sup>2</sup>, saadaan rakennuksen lämmitettyä nettoalaa 2142 m<sup>2</sup> kohti päästöksi 4627 kgCO<sub>2e</sub> eli rakennusten korjausten hiilijalanjäljeksi 503 257 kgCO<sub>2e</sub>. Tämä hiilijalanjälki kuvaa korjauksia, joilla rakennuksen kunto saadaan ylläpidettyä niin, että sen tekninen käyttöikä on 100 vuotta.

Uuden rakennuksen hiilijalanjälki materiaalien osalta on 1 273 207 kgCO<sub>2e</sub> eli yli kaksinkertainen korjauksiin verrattuna. Tämän laskelman perusteella rakennusta korjaamalla tuotetaan selvästi pienempi hiilijalanjälki, kuin uuden rakennuksen rakentamisella. Tässä ei ole rakennuksen käyttövaiheen aiheuttamaa hiilijalanjälkeä, jonka voi olettaa molemmissa yhtä suureksi, mikäli rakennuksen korjauksessa huomioidaan samalla mahdolliset energiansäästökorjaustoimenpiteet. Laskelman perusteella rakennusta ei kannattaisi purkaa ennen kuin sen tekninen käyttöikä on saavutettu. Tässä ei ole tarkasteltu tapausta, jossa korjauksella jatketaan rakennuksen teknistä käyttöikää.

Kuten edellä on kuvattu, rakennuksen kantavat rakenteet aiheuttivat materiaalien suurimmat hiilijalanjäljet. Kantavia rakenteita ei korjauksessa vaihdeta, millä selittyy korjauksen pienempi hiilijalanjälki.

## 5.9 Materiaaleista johtuvat suurimmat hiilikädenjäljet

Taulukossa 12 on esitetty kohdetapauksen suurimmat hiilikädenjäljet, ilmastohyödyt, jotka sitovat hiilidioksidia.

Päiväkodin suurimmat ilmastohyödyt laskentamenetelmän mukaan aiheutuvat puutavarasta kuten kattotuoleista, yläpohjan tukilinjoista ja räystään puutöistä. Kymmenen suurinta hiilikädenjälkeä kattaa 85 % koko päiväkodin materiaaliluetelon hiilikädenjäljestä (vaiheet A1–A3), joka on -184 644 kgCO<sub>2e</sub>.

Hiilikädenjäljen osalta on huomioitava, että Ympäristöministeriön laskentamenetelmässä ei ole esitetty kattavasti hiilikädenjäljen kertoimia. Kertoimet ovat puutavaralle, eivätkä esimerkiksi betonille tai kierrätysmateriaaleille, mikä on laskentamenetelmän pilottivaiheen puute.

Suurimmat hiilikädenjäljet				
Päiväkoti Laaksokatu 6, Lahti				
	Littera	Materiaali	Hiilikädenjälki kgCO <sub>2</sub> e	
1.	376110	kattotuolit, 1184 jm	-66 918	
2.	370106	YP1, tukilinjat	-22 320	
3.	376500	räystään puutyöt, 371 m <sup>2</sup>	-12 555	
4.	370157	YP2, tukilinjat	-11 858	
5.	376752	ullakon filmivaneri, 577 jm	-11 238	
6.	370102	YP1, katevaneri 833 m <sup>2</sup>	-10 250	
7.	280283	verstaan NR-ristikot, 20 kpl, 150 m <sup>2</sup> , 110 jm	-9 533	
8.	370152	YP2, katevaneri 405 m <sup>2</sup>	-5 002	
9.	280258	verstaan runko, 135 m <sup>2</sup>	-4 520	
10.	280264	verstaan ulkoseinäpaneeli	-3 069	
			-157 263	
		Päiväkodin tuotevaiheen (A1-A3) hiilikädenjälki	-184 644	
			85	%

Taulukko 12. Suurimmat hiilikädenjäljet

## 6 Päästövähennystavoitteet herkkyytarkastelun perusteella

Case-tapauksen herkkyytarkastelun perusteella hiilijalanjälkeen olisi mahdollista tavoitella päästövähennyksiä. Mikäli rakennus rakennetaan pääosin puurakenteiseksi, on rakennus mahdollista rakentaa hiilineutraaliksi ja vähentää CO<sub>2</sub>-päästöjä tuotevaiheessa (A1–A3) yhteensä noin 16 % (6 % koko 100 vuoden elinkaaren, vaiheiden A–D päästöistä). Rakennus toimii hiilivarastona, kunnes rakennus puretaan ja puut hävitetään esimerkiksi polttamalla.

Vaihtamalla puuksi rakennuksen muita kuin kantavia rakenteita olisi mahdollista vähentää tuotevaiheen päästöjä noin 12 % (5 % koko 100 vuoden elinkaaren päästöistä). Pihan pintamateriaalien vaihtamisella olisi mahdollista pienentää tuotevaiheen hiilijalanjälkeä noin 9 % (4 % koko 100 vuoden elinkaaren päästöistä). Mikäli rakennusta ei tarvitse paaluttaa, olisi mahdollista pienentää tuotevaiheen hiilijalanjälkeä noin 6 % (2 % koko 100 vuoden elinkaaren päästöistä).

Päästövähennystavoite hiilijalanjäljessä, johon on hyvin realistista päästä, on case-tapauksessa rakennusmateriaalivalinnoilla arviolta noin 9–27 % tuotevaiheen päästöistä ja noin 114 600 – 343 800 kgCO<sub>2</sub>e. Tätä päästövähennystavoitetta voi verrata Lahden kaupungin työntekijöiden vuosittaiseen työmatka-ajojen päästöön, joka vuonna 2019 oli 126 000 kgCO<sub>2</sub>e (Roseberg & Sieppi 2020).

Päästövähennystavoite koko elinkaaren aikaisista päästöistä (vaiheet A–D) olisi materiaalivalinnoilla case-tapauksen perusteella noin 2–6 %.

Vertailuna tässä voisi käyttää luvussa 4 saatua koko päiväkotirakennuksen päästövertailua, joka vastasi elinkaaren aikana (vaiheet A–D) 2000 lentomatkaa välillä Helsinki–Bangkok–Helsinki. Tuotevaiheen materiaalivalinnoilla (-6 %, vaihe A–D) olisi siten mahdollista säästää noin 120 lentomatkan päästöt rakennuksen elinkaaren aikana. Tämä päästövähennys keskittyisi tuleviin lähivuosiin, millä on merkitystä ilmastonmuutoksen ehkäisyssä.

## **7 Ohjeistus materiaalivalintojen vaikutuksesta hiilijalanjälkeen**

Alla on esitetty opinnäytetyössä esiin tulleita kohtia, joilla rakentamisen vähähiilisyteen voi kiinnittää huomiota rakentamisen suunnitteluvaiheessa. Lisäksi suositellaan perehtymään luvussa 2.8 esitettyihin yleisiin periaatteisiin rakennuksen vähähiilisyydestä.

1. Uudisrakentamisen rakennusvaihe tuottaa enemmän hiilidioksidipäästöjä ja kuluttaa rakennusmateriaaleja enemmän, kuin vanhan korjaaminen. Ilmastoa ajatellen on parempi vaihtoehto korjata vanhaa, kuin rakentaa uutta, mikäli rakennuksen teknistä käyttöikää ei ole vielä saavutettu.
2. Rakennuksen käyttöiän määrittelyllä on merkitystä hiilidioksidipäästöihin. Yleisesti on kannattavaa rakentaa mahdollisimman pitkäikäinen rakennus.
3. Suunnittelu tulisi ensisijaisesti tehdä rakennuksen käytettävyys ja tekninen toiminta huomioiden. Suunnittelun rinnalla olisi hyvä pohtia, että onko materiaalivalinnoilla mahdollista vaikuttaa rakennuksen hiilidioksidipäästöihin vähentävästi ja ovatko vähähiilisyysratkaisut teknisesti

mahdollisia. Vertailemalla vaihtoehtoisten rakennusmateriaalien hiilidioksidikertoimia on mahdollista valita ilmastoystävällinen vaihtoehto. Esimerkiksi lattioiden pintamateriaaleissa tulisi suosia puu- tai betoni-pintaa ja keraaminen laatoitus on suositeltavampi vaihtoehto, kuin muovimatto.

4. Rakentamisessa olisi hyvä lisätä kierrätettävien materiaalien käyttä-mistä, jolloin ei synny uusia hiilidioksidipäästöjä ja hiilidioksidia sitovat materiaalit on mahdollista säilyttää vapauttamatta hiilidioksidia uudel-leen ilmakehään.
5. Rakentamisessa tulisi pyrkiä valitsemaan rakennusmateriaaleja, joilla on pienet hiilidioksidin päästökertoimet, varsinkin materiaalien osalta, joissa on suurin massa.
6. Valitsemalla rakennukseen mukaan hiilikädenjälkeä sisältäviä materi-aaleja on mahdollista kompensoida hiilijalanjälkeä kasvattavien mate-riaalien käyttöä ja siten tehdä rakentamisesta hiilineutraalia. Suositel-laan lisäämään puunkäyttöä rakennuksissa, myös betonirakenteisissa rakennuksissa, lisäämällä esimerkiksi puurakenteisia väliseiniä, por-taita, puuverhoilua julkisivussa, puuikkunoita ja -ovia, huomioiden ra-kennusten paloturvallisuus ja kosteudenhallinta. Osa kantavista raken-teista voisi olla esimerkiksi kerto- ja liimapuuta.
7. Rakennuksen maaperällä on merkitystä. Mikäli rakennus on mahdol-lista sijoittaa maaperälle, jota ei tarvitse paaluttaa, säästetään hiilidiok-sidipäästöissä.
8. Betonilaatoitusten ja muiden tiivisrakenteisten pintamateriaalien sijaan pihalle olisi hyvä laittaa mahdollisimman paljon kasvillisuutta, soraa ja esimerkiksi turvallisiksi todettua, kierrätettyä betonia, jolloin hiilidioksi-dipäästöihin olisi mahdollista vaikuttaa vähentävästi. Asfaltoidun alu-een pienentäminen olisi suositeltavaa.
9. Hiilidioksidipäästöjä on mahdollisuus pienentää Ikkunapinta-aloja pie-nentämällä, koska ikkunoiden hiilidioksidipäästökertoimet ovat suh-teellisen suuret. On huomioitava, että ikkunoiden lämmönläpäisyker-roin (U-arvo) on ulkoseinän lämmönläpäisykerrointa suurempi ja siten

suuri ikkunapinta-ala vaikuttaa rakennuksen energiatehokkuuteen. Ikkunoilla on suuri merkitys tilojen viihtyisyydelle ja valoisuudelle, joten suunnittelua ei voi tehdä vain kertoimien perusteella.

10. Hiilijalanjäljen päästövähennystavoite, johon vapaaehtoisin toimin pyritään materiaalivalinnoilla, voisi olla 9–27 % rakennusta kohti rakennuksen tuotevaiheessa (A1–A3). Jatkossa on todennäköistä, että päästövähennystavoitetta ohjaa rakentamisen normit.
11. Suunnittelussa määriteltyjen rakennusmateriaalien EPD-ympäristötuoteselosteet olisi hyvä koota yhteen, josta ne ovat tarvittaessa saatavissa ja käytettävissä esimerkiksi vähähiilisyyslaskennassa. Rakennusten EPD-ympäristötuoteselosteiden luotettavuuteen tulisi kiinnittää huomiota esimerkiksi niin, että ne ovat luotettavan tahon toimesta tarkastetut.
12. Massamäärät tulisi laskea vähintään sadan kilon tarkkuudella ja myös pienempiä eriä tulee laskea mukaan, sillä näillä on merkitystä kokonaisuuden kannalta.
13. Elementtiluetteloihin tulisi lisätä elementtien painot, mikä olisi hyvä lisäys vähähiilistä laskentaa ajatellen.
14. DWG-piirustusten ja IFC-mallien nimikkeistön yhtenäistämiseen tulisi kiinnittää huomiota, jotta massalaskenta olisi jatkossa helpompi tarkistaa myös IFC-mallista.
15. Betonirakenteiden saumavalujen osalta tulisi olla massa-arviot, sillä massamäärät voivat olla yhteensä merkittäviä.
16. Vähähiilisyyslaskentaa varten massaluettelot tulisi olla kilogrammoina tai neliömetreinä.
17. Materiaaliluettelot on hyvä säilyttää tulevia korjauksia ja purkuja varten, jolloin määrien ennakointi on helpompaa esimerkiksi jätteiden lajittelua varten.
18. Yleisesti muovituotteiden käytön tarpeellisuutta tulisi harkita. Muovin valmistukseen käytetään fossiilista raaka-ainetta eli öljyä, jonka varannot hupenevat tulevaisuudessa. Esimerkiksi muovipohjaisten maalien korvaaminen muilla maalityypeillä on päästövaikutuksiltaan pieni,



mutta symbolinen. Kierrätysmuovia tulisi suosia ja harkita milloin neitseellisestä raaka-aineesta valmistetun muovin voisi korvata kierrätysmuovilla esimerkiksi patolevyissä.

19. Teräsbetonirakenteiden optimointia tulisi suosia siten, että käytetään terästä tarpeen mukaan.
20. Ennen vähähiilisyysnormien antoa suunnittelua voisi ohjata vähähiiliseen suuntaan esimerkiksi vaatimalla suunnittelijalta Ilmastovaikutuspöytäkirjaa, jossa on esitetty toimia, joilla rakentamisen vähähiilisyys huomioidaan.

## **8 Jatkotutkimustarpeita**

Jatkossa olisi hyvä selvittää päästövähennysten mahdollisuus, jos yleisen tiedon sijaan laskennassa käytetään tuotekohtaisia päästötietoja. Tämä olisi mahdollista, jos tuotteilta vaaditaan EPD-ympäristötuoteselostuksia ja jos suunnitteluvaiheessa valintaa tuotteiden välillä tehdään EPD-ympäristötuoteselosteen päästöjen perusteella.

Lämmöneristeiden (esimerkiksi EPS, XPS, polyuretaani, lasivilla, vuorivilla ja seluvilla) osalta jatkotutkimuskohteena voisi vertailla, että mitkä materiaalit ovat rakennusteknisiltä ominaisuuksiltaan niin yhteneväisiä, että niiden välillä olisi mahdollista tehdä vertailua hiilijalanjäljen perusteella. Käytännössä lämmöneristeen valintaan vaikuttaa merkittävästi sen lämmönjohtavuus, eristeen paksuus ja muun muassa kosteustekninen toiminta.

Hiilikädenjäljen kertoimia tulisi selvittää laajemmin esimerkiksi kierrätysbetonin ja vaahtolasin osalta. Ympäristöministeriön laskentamallissa hiilikädenjäljen tieto oli selvästi puutteellista eri materiaalien osalta.

Kierrätysbetonin karbonatisoitumismiskykyä tulisi selvittää, kun sitä käytetään kierrätysmateriaalina maanrakennuksessa pihoilla. On huomioitava, että betonirakennuksissa tapahtuu karbonatisoitumista koko elinkaaren aikana. Rakennuksessa betonirakenteiden karbonatisoituminen ei ole haluttu ominaisuus, sillä se vaarantaa teräsbetonin lujuusominaisuuksia heikentäen betonin puristuslujuutta, aiheuttaen korroosiota teräksille ja heikentäen siten teräsbetonin vetolujuutta.

Rakennustyömaan aikaiset hiilidioksidipäästöt käsiteltiin tässä tapaustutkimuksessa taulukkoarvoilla. Rakennustyömaan aikaisten hiilidioksidipäästöjen merkitystä ja vähentämispotentiaalia olisi hyvä tarkastella tarkemmin.

Edellä esitetystä vähähiilisyyslaskennassa ei tarkasteltu esimerkiksi resurssitehokkuutta ja veden kulutusta rakentamisessa, jotka voisivat olla oma tutkimuksensa.

## 9 Huomioita ja havaittuja puutteita laskentamenetelmässä

Huomioita laskentamenetelmästä:

- Materiaaliluettelon valmiita tekstejä ei pääsee muokkaamaan, esimerkiksi lisäämään materiaaleja.
- Materiaaliluetteloon voi lisätä rivejä, mutta ei poistaa.
- Materiaaliluettelossa olisi hyvä olla valmiita yksikkömuunnoskaavoja niin, että siihen voisi syöttää kilogrammojen sijaan myös esimerkiksi juoksumetrejä ja pinta-aloja laajemmin.
- Olisi hyvä linjata valtakunnallisesti, että minkälaisia tiheyksiä käytetään mistäkin tuotteesta, jos vertailua tehdään yleisellä aineistolla ja tehdään yksikkömuunnoksia.
- Menetelmän tallennuksessa on oltava huolellinen ja suositeltavaa on tehdä varmennustallennuksia. Koska laskentamalli käyttää makroja, havaittiin, että jossakin vaiheessa joku versio laskentamallista ei tallentunut oikein, vaan malli oli hävittänyt jotakin tietoa.
- Tietojen laatu -osiossa tietolähteille varattu kenttä on liian pieni, eikä se tulostettaessa näy hyvin.
- Materiaaliluettelon Tontti -osassa rakennusosan nimet eivät näy hyvin, jos nimi rivitetään kahdelle riville.
- Materiaaliluettelon kirjoitusvirheitä ei voinut korjata yksitellen, vaan vaati koko rivin uudelleen kirjoittamista.
- Yleisesti toivoisi materiaaliluettelon viereen kommenttiriviä.
- Palkeissa oli Delta-palkit, mutta ei esimerkiksi WQ-palkkeja.

- Laskentamenetelmässä kaikki valinnat eivät ole Talo 2000 -järjestelmän mukaisia, esimerkiksi Vaippa-osion alle ei voi laittaa levyjä, vaan ne on laitettava Kevyet rakenteet -osioon.
- Materiaaleja olisi hyvä päivittää joidenkin yleisten rakennusmateriaalien osalta, jotka puuttuvat, esimerkiksi asfaltti, vaahtolasi, filmivaneri, MDF-levy, muovitettu pelti ja rappaus.
- Jos laskentataulukkoon laittaa tuotekohtaisen päästötiedon, niin määrälle ei voi laittaa yksikköä, mikä on puute.
- Hiilijalanjälkikertoimissa on jotain epäloogisuuksia, esimerkiksi miksi vuorivillan hiilijalanjälkikerroin on pienempi kuin lasivillan tai miksi puisen ulko-oven kerroin on suurempi kuin metalliulko-oven.
- Kun laskentamenetelmässä rivit täytetään massaluettelon mukaisesti ei pääse vertailemaan tuotteiden hiilidioksidipäästöjä toisiinsa esimerkiksi kahden rakennusmateriaalin osalta. Vertailua varten on tehtävä oma Excel-taulukko, mutta rivien kopiointi ei onnistu, joten kaikki on kirjoitettava uudelleen ja on siten työlästä.
- Talotekniikan kokonaispäästöt – päästötiedoissa on yksikkövirheitä ( $m^3$ – $m^8$ ), jotka eivät kuitenkaan vaikuta itse laskentaan.
- Taulukoihin olisi hyvä tuoda tiedoksi joidenkin kierrätysmateriaalien esimerkiksi betonin ja vaahtolasin päästötiedot sekä hiilikädenjälki.
- Kun kilomäärät kertoo annetulla kertoimella Excel-taulukossa ei vastaukseksi aina tule sama päästö määrä, kuin laskentamenetelmässä on esitetty. Kaava ei ole avoin eikä sitä voi tarkastella.
- Muun muassa kertopuulle puuttuu taulukoista hiilikädenjäljen kerroin.
- Tietojen laatua ei voinut arvioida lähteittäin, mikä oli hankalaa.
- Raudoituksen osuus ei käy ilmi elementtien osalta.
- Laskentamenetelmän ja sen arviointimenetelmäohjeen välillä on ristiriitaisuus muun muassa pintakäsittelyn ja maalausten osalta, toisessa on annettu niille päästökertoimet, mutta toisessa ne on rajattu pois. Kohteiden tulosten vertailtavuuden osalta rajaukset tulisi olla määritelty hyvin selkeästi.

## 10 Yhteenveto ja pohdinta

Tapaustutkimuksen perusteella on helppo arvioida, että rakennusten suunnitteluvaiheen materiaalivalinnoilla on mahdollisuus vaikuttaa rakennusten hiilidioksidipäästöihin merkittävästi. Hiilidioksidipäästöjä ei tule vähentää rakennuksen rakennusteknisiä ominaisuuksia heikentämällä. Tämän vuoksi ei ole kannatettava ajatus asettaa tiukkaa raja-arvoa vähähiiliselle rakentamiselle. Parempi ja kestävämpi tavoite olisi pyrkiä vähähiiliseen rakentamiseen vaihtoehtoja vertailemalla.

Ympäristöministeriön julkaisema hiilijalanjäljen laskentamenetelmä ei ole valmis, mutta sen tarkkuus havaittiin riittäväksi tapaustutkimuksen hiilijalanjäljen arvioimiseksi. Laskentamenetelmässä on hyvää sen avoimuus ja tietojen jäljitettävyys. Se on riittävän yksinkertainen esimerkiksi suunnitteluvaiheen työkaluksi. Tapaustutkimuksen kohde on laaja rakennus ja aineiston syöttäminen urakoitsijan massaluettelon perusteella oli työlästä yksikkömuunnosten takia. Laskentamenetelmän avulla oli mahdollista tehdä herkkyystarkastelua ja pohtia keinoja vähähiilisen rakentamisen edistämiseksi.

Herkkyystarkastelun perusteella oli mahdollista havaita, että hiilidioksidipäästövähennykset eivät tarkoita yksinomaan puurakentamista, vaan päästövähennyksiä on mahdollista tehdä yhdistämällä sopivassa suhteessa erilaisia rakennusmateriaaleja. Opinnäytetyön tulokset osoittivat, että betoni- ja puurakentamista ei pidä nähdä vastakkainasetteluna, vaan toisiaan täydentävinä, kun huomioidaan ilmasto sekä rakennustekniset ominaisuudet.

Laskentamenetelmään vietävien tietojen laajuutta ei ollut lähtötiedoissa tarpeeksi selvästi kerrottu. Rajausten puutteiden vuoksi esimerkiksi pilottikohteiden vertailtavuus voi kärsiä.

Laskennassa ei ollut täysin selvää, kuinka pieniä massamääriä laskentaan kannattaa viedä. Laskennassa selvisi, että pienillä massamäärillä oli yhteensä merkittävä vaikutus hiilijalanjälkeen, joten laskennan tulisi olla massojen suhteen kattava. Laskennan rajaus ei ollut täysin selvä, mutta tässä kohteessa laskentaan sisällytettiin koko kiinteistön rakentamisen massa eli myös ulkorakennukset ja pihatytöt. Näillä on selvä vaikutus hiilijalanjälkeen ja siksi niitä ei voisi jättää pois

jatkossakaan. Laskenta vaatii tapaustutkimuksen perusteella yksinkertaistamista, jotta se olisi helppo ja nopea työkalu rakennuksen suunnitteluvaiheessa.

Tässä opinnäytetyössä ei ollut mahdollisuutta tehdä laajaa kattavaa hiilijalanjälkilaskentaa tuotekohtaisilla tiedoilla sekä tarkastelemalla esimerkiksi työmaan todellista hiilijalanjälkeä. Tällainen laskenta vaatisi hyvin yksityiskohtaista tietoa ja olisi aikaa vaativaa. Yksityiskohtaista laskentaa olisi vaikea kuvitella esimerkiksi ennen rakennuslupavaihetta toteutettavaksi. Tarkka hiilijalanjälkilaskenta voisi olla tarkemman tutkimuksen aihe rakennuksen käyttövaiheessa ja se voisi sisältää esimerkiksi toteutuneen energian käytön hiilijalanjälkilaskennan.

Rakennuksen käytön aikainen hiilijalanjälki on riippuvainen rakennuksen käytöstä. Tässä työssä ei tarkasteltu tarkemmin, miten hiilidioksidipäästöjen laskenta muuttuu, jos rakennuksen keskimääräistä teknistä käyttöikää ei saavuteta, vaan rakennus puretaan jossain vaiheessa esimerkiksi 30 vuoden kuluttua. Pohdintaa voisi suorittaa esimerkiksi seuraavasti. Jos tilalle rakennetaan uusi rakennus, niin vanhan rakennuksen hiilidioksidipäästöjä tulisi mahdollisesti lisätä rasitteeksi uudelle rakennukselle, koska vanhan rakennuksen potentiaalia ei hyödynnetty täysimääräisesti ja synnytetään ennen aikaisesti uusia hiilidioksidipäästöjä. Asia ei ole yksinkertainen ja vaatisi laajempaa tarkastelua.

Uudisrakentamisen hiilidioksidipäästöt ovat merkittäviä, kun uudisrakentamista on paljon esimerkiksi kaupunkitasolla. Rakentamisen hiilijalanjälkilaskenta voisi olla mahdollista kaupunkitasolla, jolloin useiden rakennuskohtaisten hiilijalanjälkien avulla on mahdollista laskea vuositason hiilidioksidipäästöt rakentamisesta.

Tässä opinnäytetyössä ei esitelty lainkaan infrarakentamisen hiilijalanjäljen laskemisen perusteita. Tällä hetkellä Suomessa talonrakennuksen ja infrarakentamisen hiilijalanjäljen laskennan ohjaus on eriytetty eri ministeriöille. Kaupunkitasoisessa rakentamisen hiilijalanjälkilaskennassa nämä hiilijalanjäljet tulisi laskea yhteen.

Rakentamisen ja rakennusten hiilidioksidipäästöt ovat yksi osa ilmastoon vaikuttavista päästöistä. Kun hiilidioksidipäästöjä on maailmanlaajuisesti vähennettävä oleellisesti ja nopealla aikataululla, on vähentämistarkasteluun otettava mukaan laajasti eri yhteiskunnan osa-alueet. Vapaaehtoiset toimet ovat kannatettavia,

mutta vertailun, tietojen läpinäkyvyyden ja laajan kattavuuden mahdollistamiseksi tarvitaan todennäköisesti myös lainsäädännöllä ohjattavia menetelmiä.

## Lähteet

Aulakoski, A., Montin P., Lydman P ja Häyrynen K. 2014. Panospohjaisen CO<sup>2</sup> -laskennan pilotointi väylähankkeessa. Liikennevirasto. 2014. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 18/2013. ISBN 978-952-255-443-7.

Bionova Oy. 2017. Tiekartta rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen huomioimiseksi rakentamisen ohjauksessa (pdf).

European Commission 2017. A common EU framework of core sustainability indicators for office and residential buildings. Part 3: How to make performance assessment using Level(s). <https://ec.europa.eu/jr>. Luettu 30.3.2020.

Ilmastolaki 609/2015

Ilmasto-opas.fi 2020. SYKE, Aalto-yliopisto, YTK ja Ilmatieteenlaitos. [www.il-masto-opas.fi](http://www.il-masto-opas.fi). Luettu 3.4.2020.

Ilmatieteenlaitos 2020. [www.ilmatieteenlaitos.fi/ipcc-ilmastopaneeli](http://www.ilmatieteenlaitos.fi/ipcc-ilmastopaneeli) (luettu 3.4.2020)

Kangas H.-L., Sankelo P., Kautto P. Ruokamo E., Lazarevic D., Mattinen-Yuryev M., Turunen T. ja Nissinen A. 2019. Taloudellisten kannusteiden käyttö vähähiilisen rakentamisen ohjauksessa. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019: 32. Ympäristöministeriö. ISBN 978-952-361-039-2.

Kuittinen M. (toim.) 2019. Rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmä. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:22. Ympäristöministeriö. ISBN 978-952-361-029-3.

Lahden tilakeskus 2018. Hankesuunnitelma 8.1.2018. Laaksokatu 6 (Humpulan päiväkot) uudisrakentaminen. ([https://www.lahti.fi/PalvelutSite/Rakentaminen-Site/Documents/Rakennushankkeet/Humpulan\\_p%C3%A4iv%C3%A4kotidin\\_hankesuunnitelma.pdf](https://www.lahti.fi/PalvelutSite/Rakentaminen-Site/Documents/Rakennushankkeet/Humpulan_p%C3%A4iv%C3%A4kotidin_hankesuunnitelma.pdf)). Luettu 3.3.2020.

Lahti 2020. Lahti – Euroopan ympäristöpääkaupunki 2021. <https://green-lahti.fi/teemavuosi> (luettu 7.4.2020)

Niemistö J., Soimakallio S., Nissinen A ja Salo M. 2019. Lentomatkustuksen päästöt. Suomen ympäristökeskuksen julkaisuja 2/2019. Suomen ympäristökeskus. ISBN 978-952-11-41994-8 (PDF).

Pajula T., Vatanen S., Pihkola H., Grönman K., Kasurinen H. ja Soukka R. Car-Handprint Guide. 2018. VTT ja LUT University. [https://projectsites.vtt.fi/sites/handprint/www.vtt.fi/sites/handprint/PublishingImages/Carbon\\_Handprint\\_Guide.pdf](https://projectsites.vtt.fi/sites/handprint/www.vtt.fi/sites/handprint/PublishingImages/Carbon_Handprint_Guide.pdf). Luettu 8.4.2020.

Rakennustietosäätiö 2015. Rakennusselostusohje 2015, Talo 2000 -nimikkeistö, RT 15-11176.

Roseberg E. & Sieppi P. 2020. Lahden hiilinielu- ja kompensatiosuunnitelma. Tavoitteena hiilineutraalius 2025. Lahti KH 27.1.2020.

Saint Gobain Finland Oy. 2020. Tuotesivu (pdf), sisältää kohdan Ympäristöjalan- jälki (ISO 14025/EN 15804 mukaisesta EPD:stä) Created: 2020-01-13. <https://www.ecophon.com/file/46423?v=11745050>. Luettu 31.3.2020.

SFS-EN ISO 14067:2018, Kasvihuonekaasut. Tuotteiden hiilijalanjälki. Hiilijalan- jäljen laskemista koskevat vaatimukset ja ohjeet.

SFS-EN 15804:2012 + A2: 2019. Sustainability of construction works. Environ- mental product declarations. Core rules for the product category of construction products. Suomen standardisoimisliitto. Vahvistettu 2019-11-08.

Tilastokeskus 2018. Suomen kasvihuonepäästöt 1990 – 2017. ISBN 978-952- 244-620-6 (pdf).

Tilastokeskus 2020. Suomen kasvihuonepäästöt 2018. [https://www.stat.fi/til/khki/2018/khki\\_2018\\_2019-05-23\\_kat\\_001\\_fi.html](https://www.stat.fi/til/khki/2018/khki_2018_2019-05-23_kat_001_fi.html). Luettu 6.4.2020.

Tähtinen L. 2019. Vähähiilisen rakennuksen perusoppimäärä. Loikka-blogi 9.10.2019. Green Building Council Finland. <https://figbc.fi/vahahiilisen-rakennuk- sen-perusoppimaara/>. Luettu 17.4.2020.

Ulkoministeriö 2020. <https://um.fi/agenda-2030-kestavan-kehityksen-tavoitteet>. Luettu 7.4.2020.

Uusioaines Oy. 2020. Environmental product declaration (EPD) -kortti <https://foamit.fi/wp-content/uploads/2019/06/Foamit-EPD.pdf> (luettu 31.3.2020) Valtioneuvosto. 2020. [www.valtioneuvosto.fi](http://www.valtioneuvosto.fi). Luettu 3.4.2020.

Valtioneuvoston kanslia 2020. <https://kestavakehitys.fi/etusivu> (luettu 7.4.2020) Vehviläinen I., Heljo J, Vihola J, Jääskeläinen S., Kalenoja H., Lahti P, Mäkelä K., Ristimäki M. 2010. Rakennetun ympäristön energiankäyttö ja kasvihuone- päästöt. Sitran selvityksiä 39. ISBN 978-951-563-739-0.

Väisänen P. (toim.). 2010. Betoni, perustietoa arkkitehtiopiskelijoille. Aalto-yli- opisto, Teknillinen korkeakoulu. Arkkitehtuurin laitos, rakennusoppi. ISBN 951- 22-7443-4.

Ympäristöministeriö 2020. [https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ja\\_rakentami- nen/Rakentamisen\\_ohjaus/Vahahiilinen\\_rakentaminen/Vahahiilisen\\_rakentami- sen\\_tiekartta](https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentami- nen/Rakentamisen_ohjaus/Vahahiilinen_rakentaminen/Vahahiilisen_rakentami- sen_tiekartta) ja [https://www.ym.fi/fi-fi/ymparisto/kestava\\_kehitys/mita\\_on\\_kes- tava\\_kehitys](https://www.ym.fi/fi-fi/ymparisto/kestava_kehitys/mita_on_kes- tava_kehitys) ja [https://www.ym.fi/fi-fi/maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Kansainvali- nen\\_yhteistyo/Kestavat\\_rakennukset\\_ja\\_rakentaminen\\_ohjelma](https://www.ym.fi/fi-fi/maankaytto_ja_rakentaminen/Kansainvali- nen_yhteistyo/Kestavat_rakennukset_ja_rakentaminen_ohjelma). Luettu 3.4.2020.



Ympäristöministeriö ja Green Building Council Finland 2019. Rakennusten hiilijalanjäljen arviointimenetelmä. [https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Rakentamisen\\_ohjaus/Vahahiilinen\\_rakentaminen/Rakennuksen\\_vahahiilisyiden\\_arviointimenetelma](https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Rakentamisen_ohjaus/Vahahiilinen_rakentaminen/Rakennuksen_vahahiilisyiden_arviointimenetelma). Luettu 3.3.2020.

## Yhteenveto

Lähtötiedot		
Rakennuskohteen tiedot	Kohteen nimi*	Päiväkoti Laaksokatu 6, Lahti
	Rakennustunnus	398-3-3018-2
	Osoite	Laaksokatu 6, 15140 Lahti
	Rakennustyyppi	Opetusrakennukset
Rakennuksen tekniset tiedot	Kerrosala [kem <sup>2</sup> ]	2 412
	Lämmitetty nettoala [m <sup>2</sup> <sub>netto</sub> ]*	2 142
	Kerrosten lukumäärä	2 + ullakko
	Kellarikerrosten lukumäärä	-
	Pääasiallinen runkomateriaali	Betoni
	Energialuokka	B
Laskennan tiedot	Laskenta-ajanjakso*	100
	Arvioinnin tekovaihe	Rakennuslupa
	Käytetty arviointitapa	Yksinkertaistettu
	Rakennuksen arvioitu käyttöönottovuosi*	2020

\*pakollinen tieto

## Arvioinnin tekijät

	Arvioinnin laatija	Arvioinnin tarkastaja
Nimi	Miia Virolainen	
Yritys	LAB-ammattikorkeakoulu	
Koulutus	FM, ins. AMK, RTA	
Päivämäärä	3.4.2020	

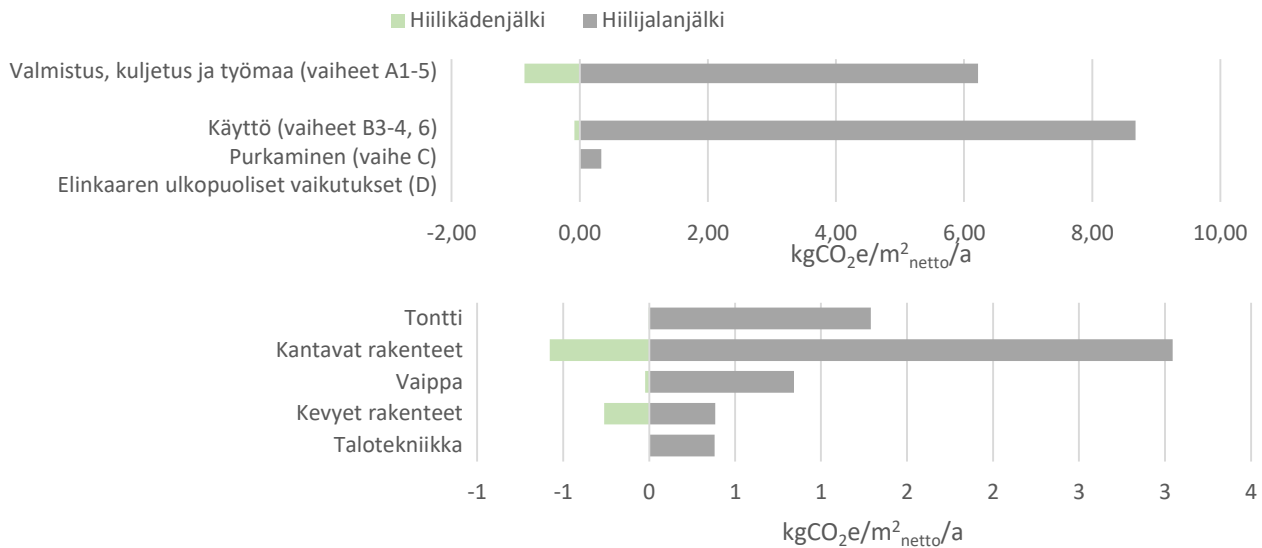
# Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu

Luonnos hiilijalanjäljen arvioinnin testausta varten 9.12.2019

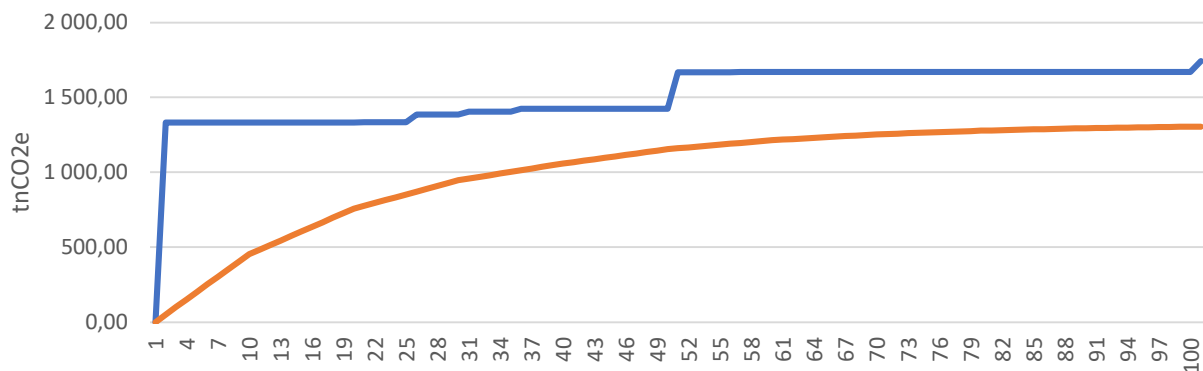


Ympäristöministeriö  
Miljöministeriet  
Ministry of the Environment

Elinkaariarvioinnin tulokset	Hiilijalanjälki	Hiilikädenjälki
	tn CO <sub>2</sub> e	tn CO <sub>2</sub> e
Elinkaaren aikana syntyvät kokonaispäästöt (A-D)	3 262	-202
	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)	15,23	-0,94
Valmistus, kuljetus ja työmaa (vaiheet A1-5)	6,22	-0,86
Tontti	1,29	0,00
Kantavat rakenteet	3,04	-0,58
Vaippa	0,84	-0,02
Kevyet rakenteet	0,39	-0,26
Talotekniikka	0,38	
Käyttö (vaiheet B3-4, 6)	8,68	-0,08
Purkaminen (vaihe C)	0,34	
Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset (D)		



## Kumulatiiviset vuotuiset päästöt



# Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu

Luonnos hiilijalanjäljen arvioinnin testausta varten 9.12.2019



## Materiaaliluettelo

Syötä rakennuksen materiaalitiedot alla olevaan listaan esim. Määräluetteloon perustuen. Hiilijalanjäljen ja -kädenjäljen päästöt muodostuvat automaattisesti, kun määrä 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	Tarkennetut kertoimet									
						kgCO <sub>2</sub> e Hiilijalanjälki	kgCO <sub>2</sub> e Hiilikädenjälki	kgCO <sub>2</sub> e/yksikkö	a	kpl	kgCO <sub>2</sub> e				
<b>Tontti (1.1. Alueosat)</b>															
1430	lyöntipaalut yht. 3155 m	PIHA JA POHJARAKENTEET	Paalut, betoni, 250x250	489 025	kg	77 123							Ei vaihdeta		
152010	viemäriverojen soratäyttö	PIHA JA POHJARAKENTEET	Sora ja hiekka	380 000	kg	1 838							Ei vaihdeta		
152710	viemäriverojen routaeristys EPS 20	PIHA JA POHJARAKENTEET	Routaeriste, EPS	300	kg	1 001							50	1	1 001
152712	viemäriverojen routaeristys EPS 100	PIHA JA POHJARAKENTEET	Routaeriste, EPS	500	kg	1 669							50	1	1 669
156010	lämpökänävien pohjatytöt	PIHA JA POHJARAKENTEET	Sora ja hiekka	58 000	kg	281							Ei vaihdeta		
162010	perustusten eristys	PIHA JA POHJARAKENTEET	Sora ja hiekka	20 000	kg	97							Ei vaihdeta		
162020	perustusten eristys soralla	PIHA JA POHJARAKENTEET	Sora ja hiekka	110 000	kg	532							Ei vaihdeta		
162120	routaeristys EPS 20	PIHA JA POHJARAKENTEET	Routaeriste, EPS	734	kg	1 938			2,64				50	1	1 938
162122	routaeristys EPS 100	PIHA JA POHJARAKENTEET	Routaeriste, EPS	641	kg	1 692			2,64				50	1	1 692
162130	routaeristys EPS 20	PIHA JA POHJARAKENTEET	Routaeriste, EPS	176	kg	465			2,64				50	1	465
162132	routaeristys EPS 100	PIHA JA POHJARAKENTEET	Routaeriste, EPS	162	kg	428			2,64				50	1	428
164030	sähkökaap.veojen täyttö	PIHA JA POHJARAKENTEET	Sora ja hiekka	318 000	kg	1 538							Ei vaihdeta		
165012	istutusalueiden täyttö, 421 m <sup>3</sup>	PIHA JA POHJARAKENTEET	Sora ja hiekka	842 000	kg	4 072							Ei vaihdeta		
165014	asf. kivituhka- ja laatualueiden täyttö, 347 m <sup>3</sup>	PIHA JA POHJARAKENTEET	Sora ja hiekka	694 000	kg	3 356							Ei vaihdeta		
165020	istutusalueiden tasaus	PIHA JA POHJARAKENTEET	Sora ja hiekka	92 000	kg	445							Ei vaihdeta		
165030	asf. alueiden tasaus	PIHA JA POHJARAKENTEET	Sora ja hiekka	142 000	kg	687							Ei vaihdeta		
172100	kattorakenteen eristys, murske, EPS-20	PIHA JA POHJARAKENTEET	Murske, 2/32	1 070 000	kg	6 283							Ei vaihdeta		
172200	jakava kerros, sora 3564 m <sup>3</sup>	PIHA JA POHJARAKENTEET	Sora ja hiekka	7 840 000	kg	37 917							Ei vaihdeta		
172510	suodatinkerros, hiekka, 51m <sup>3</sup>	PIHA JA POHJARAKENTEET	Sora ja hiekka	102 000	kg	493							Ei vaihdeta		
172520	suodatinkerros, murske, EPS-20	PIHA JA POHJARAKENTEET	Sora ja hiekka	274 000	kg	1 325							Ei vaihdeta		
174105	laatoituksen asennushiekka	PIHA JA POHJARAKENTEET	Sora ja hiekka	70 000	kg	339							Ei vaihdeta		
284030	tukimuurin routaeristys 247 m <sup>2</sup>	PIHA JA POHJARAKENTEET	Routaeriste, EPS	734	kg	2 450							50	1	2 450
163210	sepellyksen alle suodatinkangas, 1082 m <sup>2</sup>	PIHA JA POHJARAKENTEET	Kuitukangas	146	kg	332							Ei vaihdeta		
173110	asfaltti, AB11, 349 m <sup>2</sup>	PIHA JA POHJARAKENTEET	PIHA JA POHJARAKENTEET	70 000		2 520			0,04						
173120	asfaltti, AB16, 1610 m <sup>2</sup>	PIHA JA POHJARAKENTEET	PIHA JA POHJARAKENTEET	54 000		2 160			0,04						
173310	kivituhka, 256 m <sup>2</sup>	PIHA JA POHJARAKENTEET	Murske, hieno ja karkea	20 800	kg	240							Ei vaihdeta		
173600	seulanpääkiveys, 81m <sup>2</sup>	PIHA JA POHJARAKENTEET	Sora ja hiekka	10	kg	0							Ei vaihdeta		
173610	lämpökäsittely puu kiveyksen ja nurmialueen rajalle	PILARIT JA PALKIT	Puuranka, sahatavara	225	kg	21			-349				Ei vaihdeta		
174105	laatoituksen asennushiekka, 872 m <sup>2</sup>	PIHA JA POHJARAKENTEET	Sora ja hiekka	70 000	kg	339							Ei vaihdeta		
174110	pihakivi 1, 253 m <sup>2</sup>	PIHA JA POHJARAKENTEET	Pihalaatoitus, betoni	46 000	kg	6 310							50	1	6 310
174115	pihakivi 1, noppa, 126 m <sup>2</sup>	PIHA JA POHJARAKENTEET	Noppakiveys	23 000	kg	29 192							Ei vaihdeta		
174120	pihakivi 2, noppa, 253 m <sup>2</sup>	PIHA JA POHJARAKENTEET	Pihalaatoitus, betoni	38 410	kg	5 269							50	1	5 269
174130	pihakivi 3, 126 m <sup>2</sup>	PIHA JA POHJARAKENTEET	Pihalaatoitus, betoni	63 020	kg	8 645							50	1	8 645
174140	pihakivi 4, 151 m <sup>2</sup>	PIHA JA POHJARAKENTEET	Pihalaatoitus, betoni	27 830	kg	3 818							50	1	3 818

174200	betonilaatta, 116 m2	PIHA JA POHJARAKENTEET	Pihalaatoitus, betoni	10 580 kg	1 451			50	1	1 451
174210	maakosteabetoni, laatan kiinnitys	PIHA JA POHJARAKENTEET	Pihalaatoitus, betoni	23 920 kg	3 281			50	1	3 281
174600	reunakivi 1, 367 jm	PIHA JA POHJARAKENTEET	Pihalaatoitus, betoni	253 230 kg	34 738			50	1	34 738
174610	reunakivi 2, 75 jm	PIHA JA POHJARAKENTEET	Pihalaatoitus, betoni	51 750 kg	7 099			50	1	7 099
174620	reunakivi 3, 241 jm	PIHA JA POHJARAKENTEET	Pihalaatoitus, betoni	77 510 kg	10 633			50	1	10 633
174630	reunakivi 4, 128 jm	PIHA JA POHJARAKENTEET	Pihalaatoitus, betoni	41 170 kg	5 648			50	1	5 648
174640	reunakivi 5, 124 jm	PIHA JA POHJARAKENTEET	Pihalaatoitus, betoni	40 020 kg	5 490			50	1	5 490
175012	luonnonkivikate, 171 m2	PIHA JA POHJARAKENTEET	Sora ja hiekka	17 200 kg	83					Ei vaihdeta
175114	luonnonkivet, 171m2	PIHA JA POHJARAKENTEET	Sora ja hiekka	205 200 kg	992					Ei vaihdeta
280233	verstaan pihalaatta, 3 m2	PIHA JA POHJARAKENTEET	Pihalaatoitus, betoni	345 kg	47			50	1	47
284012	betonimuurikivi, 17 m2	PIHA JA POHJARAKENTEET	Pihalaatoitus, betoni	6 210 kg	852			50	1	852
172300	suodatinkangas, N3, 3564 m2	PIHA JA POHJARAKENTEET	Kuitukangas	481 kg	1 093					Ei vaihdeta
172530	suodatinkangas, N3, 276 m2	PIHA JA POHJARAKENTEET	Kuitukangas	37 kg	84					Ei vaihdeta
<b>Total</b>						<b>276 305</b>	<b>-349</b>			<b>102 925</b>

#### Kantavat rakenteet (1.2.1-1.2.3 Talo-osat)

163410	alapohjan täytöt 359 m3	PIHA JA POHJARAKENTEET	Sora ja hiekka	718 000 kg	3 472					Ei vaihdeta
163420	ulkorakennukset, alapohjan täytöt, 40 m3	PIHA JA POHJARAKENTEET	Sora ja hiekka	80 000 kg	387					Ei vaihdeta
164010	kanaalikaivantojen täyttö 775 m3	PIHA JA POHJARAKENTEET	Sora ja hiekka	1 550 000 kg	7 496					Ei vaihdeta
212100	anturan raudoitus	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Betoniteräs	5 716 kg	2 709					Ei vaihdeta
212101	raudoituksen jatkosteräkset	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Betoniteräs	1 143 kg	542					Ei vaihdeta
212210	anturan betonointi, C30/37, 171 m3	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Valmisbetoni C35 (portland)	393 000 kg	57 313					Ei vaihdeta
222130	peruspilarin raudoitus	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Betoniteräs	2 505 kg	1 187					Ei vaihdeta
222150	raudoituksen jatkosteräkset	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Betoniteräs	501 kg	237					Ei vaihdeta
222230	peruspilarin betonointi C30/37	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Valmisbetoni C35 (portland)	23 000 kg	3 354					Ei vaihdeta
227020	perusmuurin lämmöneriste EPS, 170 m2	PIHA JA POHJARAKENTEET	Routaeriste, EPS	170 kg	567			50	1	567
270120	hissikuilun raudoitus	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Betoniteräs	539 kg	255					Ei vaihdeta
270130	hissikuilun betonointi, vesitiivis, 7 m3	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Valmisbetoni C35 (portland)	16 100 kg	2 348					Ei vaihdeta
270140	hissikuilun eristys EPS 50	PIHA JA POHJARAKENTEET	Routaeriste, EPS	10 kg	33			50	1	33
280202	verstas routaeristys XPS, 344 m2, 200 mm	PIHA JA POHJARAKENTEET	Routaeriste, EPS	3 105 kg	8 197		2,64	50	1	8 197
280208	verstas raudoitus	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Betoniteräs	55 kg	26					Ei vaihdeta
280223	verstas raudoitus	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Betoniteräs	622 kg	295					Ei vaihdeta
280224	verstas raudoitus	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Betoniteräs	550 kg	261					Ei vaihdeta
280225	verstas betonointi C30/37, 29 m3	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Valmisbetoni C35 (portland)	66 700 kg	9 727					Ei vaihdeta

280242	verstaan liimapuupilariGL30C, 11 jm	PILARIT JA PALKIT	Palkki tai pilari, liimapuu	65 kg	23	-105			Ei vaihdeta
280244	verstaan liimapuupalkki GL30C, 14 jm	PILARIT JA PALKIT	Palkki tai pilari, liimapuu	315 kg	112	-510			Ei vaihdeta
280251	verstaan betoninen muottiharkko	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Valmisbetoni C35 (portland)	2 394 kg	349				Ei vaihdeta
280256	verstaan pystykoolaus, 42 m2	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	405 kg	37	-628			Ei vaihdeta
280258	verstaan runko, 135 m2	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	2 916 kg	268	-4 520			Ei vaihdeta
280262	verstaan pystykoolaus, 156 m2	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	1 530 kg	141	-2 372			Ei vaihdeta
280283	verstaan NR-ristikot, 20 kpl, 150m2, 110 jm	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	6 150 kg	566	-9 533			Ei vaihdeta
284024	tukimuuri rauditus B500B	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Betoniteräs	870 kg	412				Ei vaihdeta
284026	tukimuurin betonointi C30/37	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Valmisbetoni C35 (portland)	50 600 kg	7 379				Ei vaihdeta
284034	tukimuurin harkkomuuraus 126 m2, MH-150	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Valmisbetoni C35 (portland)	22 050 kg	3 216				Ei vaihdeta
280290	verstaan ulokepalkit	PILARIT JA PALKIT	Palkki tai pilari, liimapuu	990 kg	353	-1 604			Ei vaihdeta
2840146	rauditus B500B	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Betoniteräs	595 kg	282				Ei vaihdeta
284046	rauditusB600XA	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Betoniteräs	29 kg	14				Ei vaihdeta
305101	peruspalkki- ja perusmuurielementit	PILARIT JA PALKIT	Palkki, betoni+teräkset	440 118 kg	86 222				Ei vaihdeta
305201	väliseinäelementit	SEINÄT JA SOKKELIT	Betoniväliseinä	421 886 kg	85 044				Ei vaihdeta
305301	pilarielementit	PILARIT JA PALKIT	Pilari, betoni+teräkset	15 454 kg	3 321				Ei vaihdeta
305601	laattaelementit	LAATAT	(massiivilaatta), betoni + teräkset	18 451 kg	2 952				Ei vaihdeta
305701	ulkoseinä- ja sokkeliementit	SEINÄT JA SOKKELIT	betonielementti, sisäkuori, 150 mm+musta teräs	715 087 kg	138 122				Ei vaihdeta
305801	parvekelaattaelementit	LAATAT	(massiivilaatta), betoni + teräkset	74 893 kg	11 983				Ei vaihdeta
306101	kaide-elementit	PILARIT JA PALKIT	Palkki, betoni+teräkset	27 411 kg	5 370				Ei vaihdeta
306201	porraselementit	LAATAT	(massiivilaatta), betoni + teräkset	18 451 kg	2 952				Ei vaihdeta
307010	väliseinäelementtien alasauman valu, 430 jm	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Valmisbetoni C35 (portland)	30 820 kg	4 495				Ei vaihdeta
307020	väliseinäelementtien pystysauman valu + rauditus, 338 jm	SEINÄT JA SOKKELIT	Betoniväliseinä	7 500 kg	1 512				Ei vaihdeta
307040	sokkeliementtien ja peruspalkkien alasauman valu, 394 jm	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Valmisbetoni C35 (portland)	30 820 kg	4 495				Ei vaihdeta
307050	sokkeliementtien ja peruspalkkien pystysauman valu, 106 jm + raud.	PIHA JA POHJARAKENTEET	Betoniantura ja -perustus (sis.raudoitteet)	9 000 kg	1 440				Ei vaihdeta
307060	ulkoseinäelementtien alasauman valu	SEINÄT JA SOKKELIT	betonielementti, sisäkuori, 150 mm+musta teräs	14 835 kg	2 865				Ei vaihdeta

307070	ulkoseinäelementtien pystysauman valu + raud.	SEINÄT JA SOKKELIT	Betonisokkeli	25 250 kg	4 040			Ei vaihdeta
330210	ontelolaattojen saumavalut	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Valmisbetoni C35 (portland)	63 600 kg	9 275			Ei vaihdeta
330230	ontelolaattojen sauma- ja rengasteräkset	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Betoniteräs	3 821 kg	1 811			Ei vaihdeta
332110	laattojen rauditus B500B	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Betoniteräs	415 kg	197			Ei vaihdeta
332112	laattojen rauditus B600XA	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Betoniteräs	9 kg	4			Ei vaihdeta
332150	raudoituksen B500B työ- ja jatkokoteräkset	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Betoniteräs	85 kg	40			Ei vaihdeta
332160	laattojen verkkoraudoitus B500A	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Betoniteräs	1 572 kg	745			Ei vaihdeta
332210	laattojen betonointi, 21 m3	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Valmisbetoni C35 (portland)	48 300 kg	7 044			Ei vaihdeta
333150	WQ-palkit	PILARIT JA PALKIT	Teräsranka, kuumasinkitty	6 849 kg	19 095			Ei vaihdeta
352535	kertopuu 45x360x20 jm	PILARIT JA PALKIT	Palkki tai pilari, kertopuu	135 kg	38			Ei vaihdeta
354310	valuharkkomuuraus 150 mm, 24 m2	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Valmisbetoni C35 (portland)	4 200 kg	613			Ei vaihdeta
354320	valuharkkomuurauksen betonointi	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Valmisbetoni C35 (portland)	4 600 kg	671			Ei vaihdeta
354330	harkkomuurauksen rauditus, A500HW	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Betoniteräs	145 kg	69			Ei vaihdeta
360014	verkkoraudoitus B600XA	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Betoniteräs	570 kg	270			Ei vaihdeta
360016	raudoitus B600XA	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Betoniteräs	115 kg	55			Ei vaihdeta
361080	katos, sisäänkäynnin teräsrunko	PILARIT JA PALKIT	Palkki, teräsputki, pintakäsitelty	987 kg	2 803			Ei vaihdeta
361090	liittopilarit, teräs	PILARIT JA PALKIT	Teräsranka, kuumasinkitty	3 325 kg	9 270			Ei vaihdeta
361098	liittopilarit, rauditus A500HW	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Betoniteräs	155 kg	73			Ei vaihdeta
361099	liittopilarit, betonointi, 5m3	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Valmisbetoni C50 (portland)	11 500 kg	2 013			Ei vaihdeta
361220	ulkokekatos, UPE palkki	PILARIT JA PALKIT	Teräsranka, kuumasinkitty	82 kg	229			Ei vaihdeta
370106	YP1, tukilinjat	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	14 400 kg	1 325	-22 320		Ei vaihdeta
370157	YP2, tukilinjat	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	7 650 kg	704	-11 858		Ei vaihdeta
370174	YP3, tukilinjat	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	90 kg	8	-140		Ei vaihdeta
376110	kattotuolit, 1184 jm	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	43 173 kg	3 972	-66 918		Ei vaihdeta
376150	liimapuupilari, 9 jm	PILARIT JA PALKIT	Palkki tai pilari, liimapuu	54 kg	19	-87		Ei vaihdeta
423202	lasikaton teräsrunko	PILARIT JA PALKIT	Teräsranka, kuumasinkitty	9 183 kg	25 602			Ei vaihdeta
423278	Atrium, kertopuu, 13 jm	PILARIT JA PALKIT	Palkki tai pilari, kertopuu	135 kg	38			Ei vaihdeta
423279	Atrium, kertopuu, 5 jm	PILARIT JA PALKIT	Palkki tai pilari, kertopuu	36 kg	10			Ei vaihdeta
554110	julkisivumuuraus, 1000 m2	SEINÄT JA SOKKELIT	Muurattu rak. poltettu tiili 130+laasti	202 500 kg	48 780			Ei vaihdeta

554114	julkisivumuurauksen rauditus B600KA2	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Betoniteräs	500 kg	237					Ei vaihdeta
554635	US3, vaakakoolaus 179 m2	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	270 kg	25	-419				Ei vaihdeta
554637	US3, pystykoolaus, 179 m2	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	180 kg	17	-279				Ei vaihdeta
554637	US3, vaakakoolaus, 179 m2	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	180 kg	17	-279				Ei vaihdeta
554639	US5, vaakakoolaus, 36m2	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	95 kg	9	-147				Ei vaihdeta
554650	US5, pystykoolaus, 36 m2	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	77 kg	7	-119				Ei vaihdeta
556010	julkisivulaudoitus, vihreä	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	495 kg	46	-767				Ei vaihdeta
556015	julkisivulaudoitus, keltainen	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	675 kg	62	-1 046				Ei vaihdeta
556020	koolaus lautaverhouksen alle, 435 m2	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	kg						Ei vaihdeta
562110	pintabetonin verkkorauditus, B500A	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Betoniteräs	5 051 kg	2 394					Ei vaihdeta
562112	pintabetonin verkkorauditus, B500A	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Betoniteräs	607 kg	288					Ei vaihdeta
562200	pintabetoni, AP3, 46 m2	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Valmisbetoni C35 (portland)	6 900 kg	1 006					Ei vaihdeta
562202	pintabetoni, VP5, 60m2	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Valmisbetoni C35 (portland)	9 200 kg	1 342					Ei vaihdeta
562204	pintabetoni, VP1, 711m2	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Valmisbetoni C35 (portland)	110 400 kg	16 100					Ei vaihdeta
562208	pintabetoni VP2,VP4, 307 m2	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Valmisbetoni C35 (portland)	50 600 kg	7 379					Ei vaihdeta
562210	pintabetoni, AP2, 33m2	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Valmisbetoni C35 (portland)	6 900 kg	1 006					Ei vaihdeta
562212	pintabetoni, VP3, 134m2	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Valmisbetoni C35 (portland)	39 100 kg	5 702					Ei vaihdeta
562220	kallistusbetoni, AP5, 124m2	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Valmisbetoni C35 (portland)	43 700 kg	6 373					Ei vaihdeta
562222	kallistusbetoni, AP4, AP7, 203m2	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Valmisbetoni C35 (portland)	39 100 kg	5 702					Ei vaihdeta
284032	harkkosokkeli, MH-200, 8 m2	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Valmisbetoni C35 (portland)	1 536 kg	224					Ei vaihdeta
325205	pilariementit, 2 kpl, 14 jm	PILARIT JA PALKIT	Pilari, betoni+teräkset	5 050 kg	1 085					Ei vaihdeta
325250	pilariementit, 10 kpl, 33 jm	PILARIT JA PALKIT	Pilari, betoni+teräkset	9 075 kg	1 950					Ei vaihdeta
<b>Total</b>						<b>652 118</b>	<b>-123 650</b>			<b>8 798</b>

#### Vaippa (1.2.4-1.2.6 Talo-osat)

163200	ontelolaataston alle vaahtolasi 300 mm 323 m2	LÄMMÖNERISTEET	LÄMMÖNERISTEET	74 290	23 030		0,31			
163205	massiivilaatta, alle vaahtolasi 2 m3	LÄMMÖNERISTEET	LÄMMÖNERISTEET	460	143		0,31			
280259	varaston alajuoksun alle kumibitumikermi, 65 jm	KOSTEUSERISTE	Kosteussulku	18 kg	54					Ei vaihdeta
280264	verstaan ulkoseinäpaneeli	ULKOVERHOILU	puu	1 980 kg	173	-3 069			50	1 173
280281	verstaan vesikate, kumibitumik., 150 m2	KATTEET	bitumikermi, pinta + 2 alus, 13,3 kg/m2	150 m2	1 894				35	2 3 788



280294	verstas räystääs/reunapelti, 85 jm	KATTEET	teräs, sinkitty ja maali	68 kg	198			50	1	198
280296	verstas, syöksytorvi, 32 jm	KATTEET	teräs, sinkitty ja maali	71 kg	207			50	1	207
280296	verstas, räystäskouru 15 jm	KATTEET	teräs, sinkitty ja maali	24 kg	70			50	1	70
284051	muurin päällyspelti, 54 m	KATTEET	teräs, sinkitty ja maali	63 kg	183			50	1	183
352510	polyuretaanieriste, 80 mm, 31 m2	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, polyuretaani	87 kg	379			Ei vaihdeta		
352510	polyuretaanieriste, 70 mm, 31 m2	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, polyuretaani	76 kg	331			Ei vaihdeta		
357010	polyuretaanieriste, US1, US2 ja USS, 80 mm, 1330 m2	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, polyuretaani	3 710 kg	16 152			Ei vaihdeta		
357020	polyuretaanieriste US1, US2 ja USS, 70 mm, 1270m2	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, polyuretaani	3 115 kg	13 562			Ei vaihdeta		
361012	kumibitumikermikate, 64 m2	KATTEET	bitumikermi, pinta + 2 alus, 13,3 kg/m2	64 m2	808			35	2	1 616
361016	kantava profiilipelti	KATTEET	teräs, sinkitty	1 136 kg	3 124			50	1	3 124
361020	julkisivulevy, 56 m2	ULKOVERHOILU	keraaminen laatoitus	896 kg	630			50	1	630
361052	katos, räystäskouru	KATTEET	teräs, sinkitty ja maali	11 kg	32			50	1	32
361054	katos, syöksytorvi	KATTEET	teräs, sinkitty ja maali	8 kg	23			50	1	23
370104	YP1, puhallusvilla	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, lasivilla	8 450 kg	12 929			Ei vaihdeta		
370108	YP1, höyrynsulkukermi	KATTEET	aluskermi, 2,4 kg/m2	676 m2	3 711			25	3	11 132
370154	YP2, tuulensuojalevy 40 mm	LÄMMÖNERISTEET	tuulensuoja, lasivilla, 75 kg/m3	1 050 kg	1 211			Ei vaihdeta		
370156	YP2, kivivilla 360 mm, 348 m2	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, vuorivilla	11 250 kg	11 542			Ei vaihdeta		
370158	YP2, höyrynsulkukermi	KATTEET	aluskermi, 2,4 kg/m2	348 m2	1 910			25	3	5 731
370176	YP3, kumibitumikermikaista 29 jm	KATTEET	aluskermi, 2,4 kg/m2	4 m2	24			25	3	71
373720	ullakko, läpiviennin pellitys, 16 jm	KATTEET	teräs, sinkitty	25 kg	69			50	1	69
376310	räystäään aluslaudoitus, 128m2	ULKOVERHOILU	puu	225 kg	20	-349		50	1	20
376320	räystäään otsalaudoitus, 121 jm	ULKOVERHOILU	puu	180 kg	16	-279		50	1	16
376324	räystäään otsalaudoitus, 92 jm	ULKOVERHOILU	puu	77 kg	7	-119		50	1	7
376324	tuulensuojalevy 9mm, 111m2	LÄMMÖNERISTEET	tuulensuoja, lasivilla, 75 kg/m3	75 kg	86			Ei vaihdeta		
376710	ullakon palokatko, 65 m2	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, lasivilla	80 kg	122			Ei vaihdeta		
413210	metalli-ikkunat	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	Ikkunat, Puu-alumiini-ikkuna, sisältää myös lasit	146 m2	16 660			50	1	16 660
416410	puuikkunat	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	Ikkunat, Puuikkuna, sisältää myös lasit	199 m2	17 354			50	1	17 354
423202	lasikatko	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	Lasiverhoilu ja seinät	125 m2	1 239			50	1	1 239
423240	Atrium räystääslista, 7 jm	ULKOVERHOILU	puu	2 kg	0	-3		50	1	0
423251	Atrium räystääslista, 7 jm	ULKOVERHOILU	puu	2 kg	0	-3		50	1	0
423254	Atrium puu 48x148 mm, 7 jm	ULKOVERHOILU	puu	23 kg	2	-36		50	1	2
423262	Atrium puulista, 5 jm	ULKOVERHOILU	puu	1 kg	0	-2		50	1	0
423272	Atrium puulista, 5 jm	ULKOVERHOILU	puu	1 kg	0	-2		50	1	0

423275	Atrium kumibitumikermi	KATTEET	bitumikermi, pinta + 2 alus, 13,3 kg/m2	7 m2	88			35	2	177
423276	Atrium räystään pellitys, 5 jm	KATTEET	teräs, sinkitty ja maali	18 kg	52			50	1	52
423277	Atrium puu 98x48 mm x 5 jm	ULKOVERHOILU	puu	90 kg	8	-140		50	1	8
423280	Atrium palikointi KertoS, 5 jm	ULKOVERHOILU	puu	45 kg	4	-70		50	1	4
423292	Atrium kumibitumikermi	KATTEET	bitumikermi, pinta + 2 alus, 13,3 kg/m2	14 m2	177			35	2	354
423293	Atrium pellitys, 22 jm	KATTEET	teräs, sinkitty ja maali	71 kg	207			50	1	207
423294	Atrium kolmiorima, 22 jm	ULKOVERHOILU	puu	14 kg	1	-22		50	1	1
426010	puusäikkuna, 130 m2	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	Ikkunat, Puuikkuna, sisältää myös lasit	130 m2	11 337			50	1	11 337
426035	puusäikkunan listoitus	ULKOVERHOILU	puu	90 kg	8	-140		50	1	8
433001	metalliovet	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	Ovi, ulko metalli	55 m2	1 105			50	1	1 105
433050	metalliovet liukuovi-profiili	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	Ovi, ulko metalli	2 m2	40			50	1	40
433060	metalliovet, ulkovarastot	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	Ovi, ulko metalli	20 m2	402			50	1	402
433070	umpipalo-ovet	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	Ovi, ulko metalli	8 m2	161			50	1	161
456014	VS3, kivivilla 70 mm, 142 m2	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, vuorivilla	400 kg	410			Ei vaihdeta		
473010	kattosilta, 79 jm	KATTEET	teräs, sinkitty	474 kg	1 304			50	1	1 304
513651	räystäspeltti	KATTEET	teräs, sinkitty ja maali	119 kg	346			50	1	346
513652	räystään tippapeltti	KATTEET	teräs, sinkitty ja maali	55 kg	160			50	1	160
513660	juuripellitys	KATTEET	teräs, sinkitty ja maali	59 kg	172			50	1	172
513700	vesikourut	KATTEET	teräs, sinkitty ja maali	119 kg	346			50	1	346
513710	syöksytorvi	KATTEET	teräs, sinkitty ja maali	126 kg	367			50	1	367
518010	kumibitumikermi	KATTEET	bitumikermi, pinta + 2 alus, 13,3 kg/m2	1 289 m2	16 277			35	2	32 554
536010	sisäkattolevyt, lasivilla 581 m2	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, lasivilla	1 743 kg	2 667			Ei vaihdeta		
536012	sisäkattolevytys, 162 m2	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, lasivilla	486 kg	744			Ei vaihdeta		
536016	keittiön sisäkattolevy, lasivilla 326m2	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, lasivilla	1 141 kg	1 746			Ei vaihdeta		
536020	sisäkattolevy, lasivilla, 20 mm, 66 m2	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, lasivilla	198 kg	303			Ei vaihdeta		
536020	sisäkattolevyt, 37 m2	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, lasivilla	111 kg	170			Ei vaihdeta		
536022	sisäkattolevyt, 53 m2	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, lasivilla	627 kg	959			Ei vaihdeta		
554160	julkisivumuurausten alle bitumikermi	KATTEET	aluskermi, 2,4 kg/m2	60 m2	329			25	3	988
554161	kermin alle tippapeltti, 100 jm	KATTEET	teräs, sinkitty ja maali	51 kg	148			50	1	148
554634	rappauslevy 215m2	ULKOVERHOILU	keraaminen laatoitus	3 440 kg	2 420			50	1	2 420
577210	äänieristyslevy, 657 m2	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, lasivilla	3 942 kg	6 031			Ei vaihdeta		
218010	anturoiden päälle vedeneristys	KATTEET	aluskermi, 2,4 kg/m2	427 m2	2 344			25	3	7 032
228110	perusmuurin kermieristys, 80 m2	KATTEET	aluskermi, 2,4 kg/m2	80 m2	439			25	3	1 317
270150	hissikuilun seinämän vedeneristys, 18m2	KATTEET	aluskermi, 2,4 kg/m2	18 m2	99			25	3	296
280230	alapohja, kumibitumikermi	KATTEET	aluskermi, 2,4 kg/m2	36 m2	198			25	3	593

280235	verstas, runko kestopuu, 31 jm	ULKOVERHOILU	puu	131 kg	11	-203			50	1	11
280237	vertas, luiskan runko, kestopuu, 16 jm	ULKOVERHOILU	puu	50 kg	4	-78			50	1	4
280238	terassilaudoitus, 11 m2	ULKOVERHOILU	puu	140 kg	12	-217			50	1	12
284028	tukimuurri, vedenristys, kermi 211 m2	KATTEET	aluskermi, 2,4 kg/m2	211 m2	1 158				25	3	3 475
<b>Total</b>					180 651	-4 729					127 748

#### Kevyet rakenteet (1.3 Tila-osat)

280260	varaston kuusivaneri 145 m2	LEVYIT	vaneri	870 kg	247	-1 427			50	1	247
280281	verstaan katevaneri, 150m2	LEVYIT	vaneri	1 125 kg	319	-1 845			50	1	319
280284	verstaan jäykistelinja, 6 m2	LEVYIT	vaneri	45 kg	13	-74			50	1	13
280286	verstas jäykiste, 43 jm	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	41 kg	4	-64					Ei vaihdeta
280288	verstas rakolauta 83 m2	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	747 kg	69	-1 158					Ei vaihdeta
280289	verstaan räystäsvasat, 81 jm	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	270 kg	25	-419					Ei vaihdeta
280292	verstaan otsapuut, 85 jm	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	180 kg	17	-279					Ei vaihdeta
284052	pellin alle vaneri, 54 jm	LEVYIT	vaneri	50 kg	14	-82			50	1	14
353514	rima 48 x 48 x 40 jm	ULKOVERHOILU	puu	42 kg	4	-65			50	1	4
352516	vaneri, 18 mm, 19 m2	LEVYIT	vaneri	150 kg	43	-246			50	1	43
352520	US, sisäpuolen pelti	KATTEET	teräs, sinkitty ja maali	57 kg	166				50	1	166
352522	vaneri 15 mm, 7 m2	LEVYIT	vaneri	50 kg	14	-82			50	1	14
352524	puu 48 x 360 x 20 jm	ULKOVERHOILU	puu	158 kg	14	-245			50	1	14
352530	pellitys, 20 jm	KATTEET	teräs, sinkitty	67 kg	184				50	1	184
352532	pellitys, 9 jm	KATTEET	teräs, sinkitty	11 kg	30				50	1	30
352533	pellitys, 9 jm	KATTEET	teräs, sinkitty	13 kg	36				50	1	36
352537	puu 48x 98, 20 jm	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	405 kg	37	-628					Ei vaihdeta
361014	katos, katevaneri, 15 mm, 54 m2	LEVYIT	vaneri	400 kg	113	-656			50	1	113
361016	katos, koolaus CAISS, 54 m2	ULKOVERHOILU	teräskasetti, ruostumaton	32 kg	91				50	1	91
361060	katos, kolmiorima, 14 jm	ULKOVERHOILU	puu	8 kg	1	-12			50	1	1
361062	katevaneri, 12 m2	LEVYIT	vaneri	100 kg	28	-164			50	1	28
361064	katos puu 48x08, 4 jm	ULKOVERHOILU	puu	9 kg	1	-14			50	1	1
361066	katos, puu 89x48, 4 jm	ULKOVERHOILU	puu	9 kg	1	-14			50	1	1
361066	katos, puu 2x 25x100, 9 jm	ULKOVERHOILU	puu	20 kg	2	-31			50	1	2
361070	katos, otsalaudat, 15 jm	ULKOVERHOILU	puu	34 kg	3	-53			50	1	3
361072	katos pellitys, 4 jm	KATTEET	teräs, sinkitty ja maali	0 kg	1				50	1	1
361074	katos, räystäspelti, 15 jm	KATTEET	teräs, sinkitty ja maali	15 kg	44				50	1	44
361076	katos, suojaletti	KATTEET	teräs, sinkitty ja maali	24 kg	70				50	1	70
361200	ulokekatokset, kermi	KATTEET	bitumikermi, pinta + 2 alus, 13,3 kg/m2	4 m2	51				35	2	101
361204	ulokekatokset, katevaneri, 4 m2	LEVYIT	vaneri	30 kg	9	-49			50	1	9
361206	ulokekatokset, koolaus, 4 m2	ULKOVERHOILU	puu	14 kg	1	-22			50	1	1

361208	ulokekatokset, vaneri 4 m2	LEVYT	vaneri	2 kg	1	-3			50	1	1
361210	ulokekatokset, julkisivulevy	ULKOVERHOILU	keraaminen laatoitus	64 kg	45				50	1	45
361212	ulokekatokset, kolmiorima, 3 jm	ULKOVERHOILU	puu	2 kg	0	-3			50	1	0
361214	ulokekatokset, suojaпельti	KATTEET	teräs, sinkitty ja maali	6 kg	17				50	1	17
361222	ulokekatokset, vesikouru	KATTEET	teräs, sinkitty ja maali	6 kg	17				50	1	17
370102	YP1, katevaneri, 833 m2	LEVYT	vaneri	6 250 kg	1 771	-10 250			50	1	1 771
370152	YP2, katevaneri, 405 m2	LEVYT	vaneri	3 050 kg	864	-5 002			50	1	864
370172	YP3, katevaneri, 37 m2	LEVYT	vaneri	300 kg	85	-492			50	1	85
376010	ullakko, poikaset C24	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	450 kg	41	-698					Ei vaihdeta
376326	puu 0,048x0,098, 121 jm	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	270 kg	25	-419					Ei vaihdeta
376500	kolmiorima, 25 jm	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	14 kg	1	-22					Ei vaihdeta
376500	räystään puutyöt, 371 m2	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	8 100 kg	745	-12 555					Ei vaihdeta
376510	räystään puutyöt, 25 m2	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	540 kg	50	-837					Ei vaihdeta
376751	ullakon kulkusillat, 577 jm	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	1 215 kg	112	-1 883					Ei vaihdeta
376752	ullakon filmivaneri, 577 jm	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	7 250 kg	667	-11 238					Ei vaihdeta
423274	Atrium katevaneri	LEVYT	vaneri	70 kg	20	-115			50	1	20
423291	Atrium katevaneri	LEVYT	vaneri	100 kg	28	-164			50	1	28
436010	Laminaattiovet	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	Ovi, sisä	28 m2	975				50	1	975
436030	palo-ovet, korkeapainelaminaatti	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	Ovi, sisä	9 m2	313				50	1	313
436051	liukuovet	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	Ovi, sisä	4 m2	139				50	1	139
454110	VS4-5, kevyet muuratut väliseinät, Kahi 130 mm, 533 m2	SEINÄT JA SOKKELIT	Muurattu rak. kahiharkko, 130+laasti	131 100 kg	20 228						Ei vaihdeta
454220	bitumihuopakaista väliseiniin	KATTEET	aluskermi, 2,4 kg/m2	20 m2	110				25	3	329
456011	VS3, kipsilevy, 13 mm, 284 m2	LEVYT	kipsilevy	56 kg	23				50	1	23
456012	VS3, vaneri, 12 mm, 284 m2	LEVYT	vaneri	1 700 kg	482	-2 788			50	1	482
456013	VS3, teräsranka	KATTEET	teräs, sinkitty	122 kg	336				50	1	336
466010	Puusäleseinä, 48 m2	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	45 kg	4	-70					Ei vaihdeta
466010	laminaattijakoseinät, wc	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	Ovi, sisä	48 m2	1 672				50	1	1 672
469010	laminaattijakoseinät, wc	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	Ovi, sisä	32 m2	1 114				50	1	1 114
484130	muurattu hormiseinä, kahi	SEINÄT JA SOKKELIT	Muurattu rak. kahiharkko, 130+laasti	16 530 kg	2 550						Ei vaihdeta
524810	sisäseinien laatoitus 14,7x14,7, 519 m2	ULKOVERHOILU	keraaminen laatoitus	9 861 kg	6 938				50	1	6 938
524812	sisäseinien laatoitus 14,7x14,7, 24 m2	ULKOVERHOILU	keraaminen laatoitus	432 kg	304				50	1	304
524814	sisäseinien laatoitus 14,7x14,7, 24 m2	ULKOVERHOILU	keraaminen laatoitus	432 kg	304				50	1	304
524818	sisäseinien laatoitus 19,7x19,7, 23m2	ULKOVERHOILU	keraaminen laatoitus	299 kg	210				50	1	210
524850	välitilalaatoitus, 16m2	ULKOVERHOILU	keraaminen laatoitus	304 kg	214				50	1	214
524852	altaantaustalaatta, 6 m2	ULKOVERHOILU	keraaminen laatoitus	76 kg	53				50	1	53

524860	laatoitettavien seinien tasoitetyöt, 612m2	MAALIT JA TASOITTEET	Tasoite, sementtipohj.	735 kg	136			30	3	409
524890	vedeneristys, 728 m2	KOSTEUSERISTE	Kosteussulku	735 kg	2 205			Ei vaihdeta		
536014	sisäkattolevy, puukuitu, 360 m2	LEVYIT	kuitusementti	4 464 kg	3 154			50	1	3 154
536018	sisäkattolevy, kipsi 13 mm, 31 m2	LEVYIT	kipsilevy	260 kg	109			50	1	109
536024	sisäkattolevy, puukuitu, 53 m2	LEVYIT	kuitusementti	657 kg	464			50	1	464
554610	kolmikerrosrappaus, julkisivu 1000m2	MAALIT JA TASOITTEET	Tasoite, sementtipohj.	40 000 kg	7 419			30	3	22 258
564710	pumpattava tasoite, 27 mm	MAALIT JA TASOITTEET	Tasoite, sementtipohj.	30 478 kg	5 653			30	3	16 960
564810	lattialaatoitus, 208 m2	ULKOVERHOILU	keraaminen laatoitus	3 952 kg	2 780			50	1	2 780
564812	lattialaatoitus, 121 m2	ULKOVERHOILU	keraaminen laatoitus	2 299 kg	1 617			50	1	1 617
564890	lattioiden tasoitus, 329 m2	MAALIT JA TASOITTEET	Tasoite, sementtipohj.	395 kg	73			30	3	220
566030	lehtikuusilankku, 124 m2	LATTIAPÄÄLLYSTEET JA BETONIT	parketti + alusrak.	1 575 kg	1 012			25	3	3 036
569110	vesieristys, 270 m2	KOSTEUSERISTE	Kosteussulku	216 kg	648			Ei vaihdeta		
568120	vesieristys, 142 m2	KOSTEUSERISTE	Kosteussulku	2 kg	6			Ei vaihdeta		
568122	kumibitumiliuosively, 142 m2	KOSTEUSERISTE	Kosteussulku	29 kg	87			Ei vaihdeta		
569310	vinyyliinmatto	LATTIAPÄÄLLYSTEET JA BETONIT	muovimatto	1 872 kg	2 613			30	3	7 838
569312	vinyyliinmatto	LATTIAPÄÄLLYSTEET JA BETONIT	muovimatto	684 kg	955			30	3	2 864
569350	muovijalkalista, 29 jm	LATTIAPÄÄLLYSTEET JA BETONIT	muovimatto	5 kg	7			30	3	21
569352	muovijalkalista, 121 jm	LATTIAPÄÄLLYSTEET JA BETONIT	muovimatto	20 kg	28			30	3	84
569354	muovijalkalista, 507 jm	LATTIAPÄÄLLYSTEET JA BETONIT	muovimatto	84 kg	117			30	3	352
569356	muovijalkalista, 54 jm	LATTIAPÄÄLLYSTEET JA BETONIT	muovimatto	9 kg	13			30	3	38
569390	mattolattioiden tasoitustyöt	MAALIT JA TASOITTEET	Tasoite, sementtipohj.	1 686 kg	313			30	3	938
569400	hiertoepoksinnoite, 56 m2	LATTIAPÄÄLLYSTEET JA BETONIT	epoksharts	73 kg	297			Ei vaihdeta		
569414	epoksinnoite, 57 m2	LATTIAPÄÄLLYSTEET JA BETONIT	epoksharts	74 kg	301			Ei vaihdeta		
569418	polyuretaanielastomeeri, 281 m2	LATTIAPÄÄLLYSTEET JA BETONIT	muovimatto	281 kg	392			30	3	1 176
569460	massalattioiden tasoitustyöt	MAALIT JA TASOITTEET	Tasoite, sementtipohj.	473 kg	88			30	3	263
585210	ulkorakennukset US maalaus	MAALIT JA TASOITTEET	Maali, ulko, vesiohenteinen	454 kg	835			20	4	3 341
585220	ulkorakennusten harkkosokkeleiden maalaus	MAALIT JA TASOITTEET	Maali, ulko, vesiohenteinen	36 kg	66			20	4	265
585310	sisäkatto, kiviaineskaton maalaus	MAALIT JA TASOITTEET	Maali, sisä, vesiohenteinen	237 kg	389			20	4	1 555
585320	sisäkatto, levykaton maalaus, AK5	MAALIT JA TASOITTEET	Maali, sisä, vesiohenteinen	4 kg	7			20	4	26
585525	julkisivun rappauspintojen maalaus	MAALIT JA TASOITTEET	Maali, ulko, vesiohenteinen	134 kg	247			20	4	986
585530	julkisivun sokkelipinnoite	MAALIT JA TASOITTEET	Maali, ulko, vesiohenteinen	8 kg	15			20	4	59
585550	parvekelaattojen alapinnat	MAALIT JA TASOITTEET	Maali, ulko, vesiohenteinen	15 kg	28			20	4	110
585560	parvekelaattojen maalaus	MAALIT JA TASOITTEET	Maali, ulko, vesiohenteinen	6 kg	11			20	4	44
585570	parvekepilarien maalaus	MAALIT JA TASOITTEET	Maali, ulko, vesiohenteinen	3 kg	6			20	4	22

280255	sisäverhouspaneeeli, 42 m2	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	405 kg	37	-628			Ei vaihdeta		
280269	kasvihuone, kirkas akryyllilevy 17 m2	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	Muoviseinä (polykarbonaatti-suihkuseinä)	105 kg	438				25	3	1 313
280276	väliseinä, kuusivaneri, 14 m2	LEVYYT	vaneri	85 kg	24	-139			50	1	24
280510	reikälevy, sinkitty, 37 m2	KATTEET	teräs, sinkitty	2 370 kg	6 518				50	1	6 518
284036	tukimuri, 2-kerrosrappaus, 32m2	MAALIT JA TASOITTEET	Tasoite, sementtipohj.	960 kg	178				30	3	534
284038	tukimuri, 2-kerrosrappaus, 208m2	MAALIT JA TASOITTEET	Tasoite, sementtipohj.	6 200 kg	1 150				30	3	3 450
284048	tukimuurin karkaistu lasi, 3m2	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	Lasiverhoilu ja seinät	3 m2	30				50	1	30
566030	puulattiat, kestopuuväsat, 124m2	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	261 kg	24	-405			Ei vaihdeta		
566032	puulattiat, kestopuinen oikaisukoolaus, 142 m2	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	374 kg	34	-580			Ei vaihdeta		
<b>Total</b>							<b>82 632</b>	<b>-55 916</b>			<b>100 663</b>

#### Talotekniikka (2.1-2.4 Tekniikkaosat)

710010	lämpötekniset työt, 9703 rm3	TALOTEKNIIKAN KOKONAISPÄÄSTÖT	Lämmönjakokeskus	2 142 m2	1 135				Ei vaihdeta		
710010	lämpötekniset työt, 9703 rm3	TALOTEKNIIKAN KOKONAISPÄÄSTÖT	Patteriverkosto	2 142 m2	14 287				50	1	14 287
710010	vesitekniset työt, 9703 rm3	TALOTEKNIIKAN KOKONAISPÄÄSTÖT	Vesijohtojärjestelmä	2 142 m2	5 783				50	1	5 783
710010	viemäryöt, 9703 rm3	TALOTEKNIIKAN KOKONAISPÄÄSTÖT	Viemäriputkisto	2 142 m2	1 114				50	1	1 114
710015	sprinkler -työt, 9703 rm3	TALOTEKNIIKAN KOKONAISPÄÄSTÖT	Sprinkler-järjestelmä	2 142 m2	12 531				50	1	12 531
720010	ilmanvaihtotyöt, 9703 rm3	TALOTEKNIIKAN KOKONAISPÄÄSTÖT	Ilmanvaihtojärjestelmä (huoneistokohtaiset koneet, kanavisto ja päätelaitteet)	2 142 m2	14 930				25	3	44 789
730010	sähkötyöt, 9703 rm3	TALOTEKNIIKAN KOKONAISPÄÄSTÖT	Sähköasennukset ja kaapeloinnit	2 142 m2	11 310				25	3	33 929
741010	hissi, Kone MonoSpace 500	HISSIT	Hissi	1 kpl	7 585				50	1	7 585
	aurinkopaneelit, 32 kpl, yhteensä 9 kW	AURINKOPANEELI	Kiteinen aurinkopaneeli	53 m2	12 826				25	3	38 478
<b>Total</b>							<b>81 501</b>				<b>158 497</b>

#### Kaikki materiaalit yhteensä

<b>1 273 207</b>	<b>-184 644</b>	<b>498 630</b>
Hiilijalanjälki	Hiilikädenjälki	Vaihtojen hiilijalanjälki