

Tiina Taiminen

# SIIRRETTÄVÄN TILAELEMENTTIRAKENNUKSEN HIILIJALANJÄLKI

Opinnäytetyö

Insinööri AMK

Ympäristötekniologia

2021



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	insinööri (AMK)
Tekijä/Tekijät	Tiina Taiminen
Työn nimi	Siirrettävän tilaelementtirakennuksen hiilijalanjälki
Toimeksiantaja	Elementit-E Oy
Vuosi	2021
Sivut	31 sivua, liitteitä 6 sivua
Työn ohjaaja(t)	Liisa Routaharju Tuula Korpela

## TIIVISTELMÄ

Rakennusalalla keskitytään huomioimaan entistä enemmän rakentamisesta sekä rakennuksista aiheutuvia ilmastopäästöjä. Materiaalivalinnoilla on suuri merkitys näiden päästöjen vähentäjänä ja etenkin puurakentaminen soveltuu vähähiiliseen rakentamiseen, kun otetaan huomioon puun kyky sitoa hiilidioksidia ilmasta. Ympäristönäkökulmien kannalta katsottuna tiloja tulisi tarkastella myös niiden muuntojoustavuuden sekä muunneltavuuden mukaan. Siirrettävä rakennus tarjoaa muunneltavuutta sekä lisätilaa missä sitä tarvitaan, eikä kiinteistöjen vajaakäyttö ole näin ollen ongelma.

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää siirrettävän tilaelementtirakennuksen hiilijalanjälki ja tutkia kuinka paljon päästöjä kertyy jokaista siirtokertaa kohden. Määrälaskentaa varten tarvittavat tiedot on laskettu Elementit-E Oy:n rakennuspiirustuksista. Hiilijalanjäljen laskentatyökaluna käytettiin Ympäristöministeriön ja Green Building Council Finlandin julkaisemaa Excel-pohjaista hiilijalanjäljen arviointimenetelmää, joka on kehitetty rakennusten hiilijalanjälkilaskentaa varten. Arviointimenetelmä on vielä kehitysvaiheessa ja tämä oli havaittavissa laskentaa tehdessä.

Tulosten perusteella rakennuksen paalutus ja perustus aiheuttavat suurimman hiilijalanjäljen. Näihin materiaalivalintoihin tulisi kiinnittää huomiota, sillä siirrettävän rakennuksen osalta nämä rakenteet tulee toteuttaa uudelleen joka kohteessa. Puurakenteisen tilaelementtirakennuksen vähähiilisyys on nähtävissä tulosten perusteella, etenkin kantavien rakenteiden osalta hiilikädenjälki on hiilijalanjälkeä suurempi. Tulosten perusteella voidaan todeta puun olevan hyvä materiaalivalinta tavoiteltaessa rakennuksen vähähiilisyyttä.

**Asiasanat:** hiilijalanjälki, hiilikädenjälki, vähähiilinen rakentaminen, materiaalivalinnat, teollinen rakentaminen

Degree	Bachelor of Engineering
Author (authors)	Tiina Taiminen
Thesis title	Carbon footprint of a portable module building
Commissioned by	Elementit-E Oy
Time	May 2021
Pages	31 pages, 6 pages of appendices
Supervisor	Liisa Routaharju Tuula Korpela

## ABSTRACT

In the construction sector the focus is to pay more attention to climate emissions from construction and buildings. Material choices play an important role in reducing these emissions, and wood construction is in particular suitable for low-carbon construction, given the ability of wood to absorb carbon dioxide from the air. From an environmental point of view the facilities should also be considered according to their flexibility and adaptability. A portable building offers adaptability as well as extra space where it is needed, and the underuse of buildings is therefore not a problem.

The aim of the thesis was to find out the carbon footprint of a portable module building and to study how much emissions would be generated for each transfer. The information required for the quantity calculation was calculated from Elementit-E Oy's construction drawings. The Excel-based carbon footprint calculation tool was used in assessing the carbon footprint. This tool has been developed for calculating the carbon footprint of buildings and published by the Ministry of the Environment and the Green Building Council Finland. The method was still in development and this was noticeable at the time of the calculation.

Based on the results, the piling and foundation of the building caused the largest carbon footprint. These material choices should be paid attention to, as in the case of a portable building, these structures must be rebuilt at each site. The low-carbon content of a wooden module building could be seen from the results. Especially for load-bearing structures, the carbon handprint was larger than the carbon footprint. Based on the results, it can be stated that wood is a good choice of material when aiming at a low-carbon building.

**Keywords:** carbon footprint, carbon handprint, low-carbon building, choice of materials, industrial construction

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	RAKENTAMISEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET .....	7
2.1	Ilmastonmuutos ja kasvihuonekaasupäästöt .....	7
2.2	Kestävä kehitys rakennusalalla.....	8
2.3	Puurakentamisen ympäristövaikutukset .....	9
2.4	Paikalla rakentaminen .....	9
2.5	Teollinen rakentaminen .....	10
3	ELINKAARIARVIOINTI .....	11
3.1	Rakennuksen vähähiilisuuden arviointimenetelmä.....	12
3.1.1	Rakennuksen hiilijalanjälkilaskennan vaiheet .....	13
4	HIILIJALANJÄLKILASKENTA.....	14
4.1	Vantaan Sanomalan Paviljonkikoulu.....	14
4.2	Laskennan rajaus .....	15
4.3	Laskenta .....	16
4.4	Rakennuksen siirtojen ja uudelleenrakentamisen laskeminen.....	21
5	TULOKSET.....	22
5.1	Tulosten tarkastelu .....	25
6	POHDINTA .....	26
7	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	27
	LÄHTEET.....	29

## KUVALUETTELO

## LIITTEET

Liite 1. Vantaan Sanomalan Paviljonkikoulun hiilijalanjälkilaskenta

Liite 2. Laskenta siirtojen ja uudelleen rakentamisten päästöistä

## SANASTO

Hiilijalanjälki	Kuvaa jonkin toiminnan tai tuotteen aiheuttamaa ilmastokuormaa.
Hiilikädenjälki	Kuvaa jonkin toiminnan tai tuotteen aiheuttamaa positiivista ilmastohyötyä.
Elinkaariarviointi	Kuvaa jonkin toiminnan tai tuotteen koko elinkaaren ympäristövaikutukset.
Hiilineutraali	Tuote tai toiminta aiheuttaa hiilidioksidipäästöjä vain sen verran mitä se pystyy sitomaan niitä ilmakehästä.
Hiilidioksidiekvivalentti CO <sub>2</sub> e	Yhteismitta, jossa kaikkien kasvihuonekaasupäästöjen ilmastoa lämmittävät vaikutuksen on laskettu yhteen.
LCA	Life Cycle Assessment eli elinkaariarviointi.

## 1 JOHDANTO

Suomen kunnianhimoinen tavoite olla hiilineutraali maa vuonna 2035 vaatii mittavia toimia yhteiskunnan kaikilta sektoreilta. Rakennetun ympäristön merkitystä päästöjen vähentäjänä ei voida jättää huomioimatta, sillä rakennukset ja rakentaminen aiheuttavat kolmanneksen Suomen kasvihuonekaasupäästöistä ja niiden vaikutuksen ilmaston lämpenemiseen kuvataan olevan jopa autoilua suurempi. Rakentamisen aiheuttamiin kasvihuonekaasupäästöihin on havahduttu myös kansallisella tasolla ja rakennusten elinkaarenaikainen hiilijalanjäljenlaskenta on tulossa Suomen lainsäädäntöön uudisrakennuksissa 2020-luvun puoliväliin mennessä. (Vähähiilisen rakentamisen pilotointi alkaa 2019.)

Puun käytön lisäämisellä rakentamisessa on mahdollista pienentää rakentamisen aiheuttamia kasvihuonekaasupäästöjä tuntuvasti, sillä tarkasteltaessa koko rakennuksen elinkaarta puun käytöllä on mahdollista pienentää rakentamisen hiilijalanjälkeä. Puun käytön lisääminen rakentamisessa antaa meille myös mahdollisuuden saavuttaa energia- ja ilmastotavoitteet vuoteen 2030 mennessä. Suurimmat kasvumahdollisuudet Suomessa puurakentamisen osalta ovat julkisessa rakentamisessa sekä kerrostalorakentamisessa. (Puurakenteissa ja -kalusteissa puun sitoma hiili säilyy pitkään s.a.) Kuntien tulisi huomioida puunkäytön tuomat hyödyt etenkin uusia päiväkotij- ja koulurakennuksia suunniteltaessa jo hankesuunnitteluvaiheessa, jolloin materiaalivalintoihin on mahdollisuus vaikuttaa.

Rakentamista ohjaavan uudistuvan lainsäädännön myötä rakennusten elinkaariarviointi tulee jo lähiaikoina sekä tulevaisuudessa työllistämään niin suunnittelijoita kuin konsultteja ja osaavista tekijöistä tulee varmasti pulaa lainsäädännön astuessa voimaan. Tämän vuoksi on ajankohtaista ja tarpeellista tutustua aiheeseen paremmin ja kehittää osaamista elinkaariarvioinnin osalta. (Vähähiilisen rakentamisen pilotointi alkaa 2019.)

Opinnäytetyön tavoitteena on laskea siirrettävän tilaelementtirakennuksen elinkaarenaikainen hiilijalanjälki ja selvittää kuinka paljon hiilidioksidipäästöjä

eli ympäristökuormaa siirtäminen aiheuttaa verrattuna paikallaan pysyvään rakennukseen. Huomionarvoista työn osalta on myös rakennuksen muuntojoustavuus ja uudelleenkäyttö sekä kuinka niitä voidaan huomioida laskennassa. Opinnäytetyön tilaajayritys Elementit-E Oy oli mukana Ympäristöministeriön pilotointihankkeen hiilijalanjäljen arviointimenetelmän testausvaiheessa. Yritys on jo huomionnut omaa tuotannon energiatehokkuutta sekä yrityksen aiheuttamaa hiilijalanjälkeä asentamalla tuotantotehtaalle aurinkopaneelit ja muuttamalla valaistuksen led-valoihin. Yritys on myös rakentanut tehdasympäristöönsä hakkeenpolttolaitoksen, jossa saadaan poltettua tuotannosta tuleva hukkapuu oman yrityksen energiaksi. Yrityksen tavoitteena on tulevaisuudessa olla hiilineutraali.

## **2 RAKENTAMISEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET**

### **2.1 Ilmastonmuutos ja kasvihuonekaasupäästöt**

Ihmiskunnan toimintojen aiheuttama ilmastonmuutos aiheutuu pääasiassa kasvihuonekaasujen, erityisesti hiilidioksidin (CO<sub>2</sub>) määrän lisääntymisestä ilmakehässä. Mikäli näitä kasvihuonekaasupäästöjä ei saada kuriin ja ne jatkavat kasvamista nykytahtia, niin käynnissä oleva kasvihuoneilmiö jatkaa voimistumista ja nostaa maapallon keskilämpötilaa vuosisadan loppuun mennessä vajaasta kahdesta kuuteen astetta. Ilmastonmuutos aiheuttaa lämpötilan nousun lisäksi lisääntyneitä sateita sekä kuivuutta, jotka muuttavat pysyvästi elinympäristön olosuhteita. (Ilmastonmuutos ilmiönä s.a.)

Suomi on sitoutunut Pariisin ilmastopöytäkirjaan ja sen mukanaan tuomaan kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen. Rakennusala pyrkii kantamaan oman vastuunsa ilmastonmuutoksen torjunnassa. Tämän vuoksi rakentamisessa pyritään lisäämään vähähiilistä rakentamista, joka on osa kansallista ilmastopolitiikkaa ja sen tavoitteena on Suomen kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen ilmastolain mukaisesti, sillä nykyiset toimenpiteet eivät riitä Suomen osalta saavuttamaan EU:n 2030 ilmastotavoitteita (VTT arvioi vähähiilisen rakentamisen ohjaukeinojen vaikutuksia... 2018.) Vähähiilisellä rakentamisella pyritään säästämään myös luonnonvaroja, materiaalien kierrätyksen sekä kiertotalouden kautta. Huomionarvoista vähähiilisessä rakentamisessa ovat materiaalivalinnat ja etenkin puurakentamisen edistäminen sen hiilivara-ominaisuuden vuoksi. (Suomella on hyvät mahdollisuudet... 2019.)

Rakennettu ympäristö tuottaa noin kolmanneksen Suomen kasvihuonekaasupäästöistä, joten sen merkitys päästöjen vähentämisessä on huomattava. Käytönaikainen energiankulutus on tällä hetkellä suurin rakennuksen päästöjen aiheuttaja. Energiatehokkuuden lisääntyessä, kun siirrytään kohti nolla- ja passiivienergiataloja, huomataan, että rakennusmateriaalien osuus päästöistä kasvaa. Materiaalivalinnat rakentamisen aikana, esimerkiksi puun käyttäminen, auttaa vähentämään tehokkaasti rakentamisesta aiheutuvia päästöjä. Rakentamisesta aiheutuviin päästöihin voidaan vaikuttaa myös käyttämällä uudelleen vanhoja rakennusmateriaaleja, jolloin niiden hiilijalanjälki voidaan jättää huomioimatta, mikäli niiden käyttäminen otettu jo suunnitteluvaiheessa huomioon. (Kuittinen 2019.)

## **2.2 Kestävä kehitys rakennusalalla**

Kestävä rakentaminen on vastuullista rakentamista, jossa otetaan huomioon rakentamisen ja rakennuksen ekologiset, sosiaaliset sekä taloudelliset näkökohdat. Kun kestävä rakentaminen yhdistetään resurssitehokkuuteen, saadaan tuotettua mahdollisimman vähähiilisiä, pitkäikäisiä sekä materiaalitehokkaita rakennuksia. Nämä vastuullisesti rakennetut rakennukset ovat turvallisia, viihtyisiä, helppohoitoisia, arvonsa säilyttäviä sekä muuntojoustavia rakennuksia. Vastuullisen rakentamisen avulla säästetään luonnonvaroja ja edistetään materiaalien tehokasta käyttöä muun muassa kierrätyksen sekä uudelleen- ja uusiokäytön avulla. (Kestävä rakentaminen on vastuullista rakentamista s.a.)

Kestävä kehitys tulee huomioida jo suunnitteluvaiheessa, jolloin rakennukset tulee suunnitella pitkäikäisiksi ja vähän ympäristöä kuormittaviksi, mutta samanaikaisesti tulee miettiä jo rakennuksen elinkaaren loppua. Huomioitavaa elinkaaren lopussa on etenkin, kuinka rakennusosat ja materiaalit saataisiin tehokkaasti kiertoon, jolloin materiaalien loppusijoituksesta aiheutuvaa ympäristökuormaa saataisiin minimoitua. Toisaalta puutteelliset tai virheelliset suunnitelmat voivat osaltaan aiheuttaa materiaalihukkaa, joten suunnittelu on tärkeässä roolissa myös materiaalihukan vähentämisessä. Yksi tehokas tapa rakentamisen aikana vähentää materiaalihukkaa ovat esivalmistetut ja määrämittaiset tuotteet ja rakennusosat. Näiden avulla saadaan nopeutettua rakennuksen valmistumista, pienennetään hukkaa ja parannetaan samalla rakenta-



misen laatua. Ympäristövaikutuksia on mahdollista pienentää materiaalitehokkuuden kaikilla osa-alueilla, mutta materiaalihukan pienentämisellä on heti näkyviä sekä konkreettisia vaikutuksia jätemäärän pienenemisen kautta. (Materiaalitehokas rakentaminen 2021.)

### **2.3 Puurakentamisen ympäristövaikutukset**

Puun käyttö rakennusmateriaalina tuo hankkeelle positiivisia ympäristövaikutuksia. Käyttämällä puuta rakennusmateriaalina voidaan alentaa rakentamisen hiilijalanjälkeä tarkasteltaessa puun koko elinkaarta. Puusta valmistetut rakennukset toimivat hiilivarastoina vielä rakentamisen jälkeenkkin. Tutkimusten mukaan puisen talon rakenteissa hiili säilyy parhaimmillaan satoja vuosia. Tämän hiilivarasto ominaisuuden vuoksi puun käytön lisääminen rakentamisessa on tehokas keino saavuttaa kansalliset energia- ja ilmastotavoitteet. Suurimmat kasvumahdollisuudet puurakentamisen osalta Suomessa ovat julkisessa rakentamisessa sekä kerrostaloissa. Yksi merkittävimmistä eduista verratessa puuta fossiilisiin raaka-aineisiin on puun uusiutuvuus. Näiden uusituvista biomassoista valmistettujen tuotteiden kasvihuonekaasupäästöt ovat yleensä pienemmät kuin vastaavien uusiutumattomista raaka-aineista valmistettujen tuotteiden. (Puurakenteissa ja -kalusteissa puun sitoma hiili säilyy pitkään s.a.)

Kehittämällä puun käyttöä voidaan tukea metsien kestäväää ja järkevää käyttöä. Teollisen rakentamisen käyttämät ratkaisut sekä teollisesti hallitut prosessit lisäävät materiaali- ja tuotantotehokkuutta sekä laatu- ja kustannustehokkuutta. (Puurakentamisen ohjelma s.a.)

### **2.4 Paikalla rakentaminen**

Paikallaan rakentamista voidaan toteuttaa periaatteessa kolmella eri tavalla. Yhtenä paikalla rakentamisen muotona on ns. perinteinen pitkästä tavarasta rakentaminen, jossa rakennusosat valmistetaan kokonaisuudessaan työmaalla. Tällainen pitkästä tavarasta rakentaminen lisää hukan määrää verrattuna valmisosia käytettäessä (Viljakainen 2004). Lisäksi pitkästä tavarasta rakennettaessa rakennusaika on pidempi ja rakennustarvikkeet ovat pidemmän aikaa säiden armoilla, jolloin rakentamisen laatu voi kärsiä. Pitkästä tavarasta

rakentaminen vaatii myös paljon ammattitaitoa rakentamisen kaikissa vaiheissa. Ammattitaidon puutteesta johtuvat virheet rakentamisen alkumetreille voivat tulla lopuksi hyvin kalliiksi ja vaikeiksi korjata. (Karoluoto s.a.)

Paikalla rakennettaessa voidaan myös hyödyntää teollisesti esivalmistettuja yleispäteviä valmisosia, jossa usein toistuvat rungon osat kuten runkotolpat ja sidepuut, palkit, rakennuslevyt sekä kiinnikkeet ovat vakiotuotteita ja muut osat esimerkiksi ikkunoiden ja ovien pielilaudat työstetään työmaalla. Paikalla rakentamista voidaan toteuttaa myös ns. pre-cut menetelmällä, jossa kaikki osat tulevat työmaalle määrämittäisinä. Näitä kahta viimeksi mainittua rakentamismenetelmää kutsutaan myös valmisosarakentamiseksi. Käytettäessä paikalla rakennettaessa määrämittäisiä rakennusosia saadaan hukan määrää pienennettyä. (Viljakainen 2004.)

## **2.5 Teollinen rakentaminen**

Teollisella rakentamisella tarkoitetaan rakentamista tehtaissa tai kokoamishalleissa. Tällaisessa teollisessa rakentamisessa on korkea esivalmistusaste, joka tarjoaa monia etuja kuten rakentamisen nopeutuminen, paremman laadunhallinnan, kustannustehokkuuden kasvun sekä paremman hallinnan koko toimitusketjun osalta. Lisäksi, kun rakennetaan sisätiloissa, eivät sääolosuhteiden vaihtelut aiheuta ongelmia ja asennettaessa elementit tai tilaelementit sääsuojan alla saadaan kosteudesta johtuvat ongelmat minimoitua. Teollisen rakentamisen voidaan sanoa olevan puurakentamisen valttikortti. (Sipiläinen 2020.) Teollisen rakentamisen avulla lyhennetään rakennusaikaa huomattavasti, sillä samanaikaisesti kun tehtaalla valmistetaan elementtejä, voidaan itse työmaalla tehdä jo maanrakennus- sekä perustustyötä (Junnonen 2012).

Tilaelementtirakentaminen/moduulirakentaminen on yksi teollisen rakentamisen rakentamistapa, jossa rakennus kootaan työmaalla erillisistä tehtaalla valmiiksi kootuista tilaelementeistä. Näiden tilaelementtien valmiusaste on jo tehtaalla viety mahdollisimman pitkälle, jolloin työmaalla tapahtuva asennus, viimeistely sekä taloteknisten liitännöiden kytkentä on mahdollista toteuttaa nopealla aikataululla (Rajala 2014). Tällaiset tilaelementtirakennukset voidaan suunnitella sekä valmistaa siirrettäviksi rakennuksiksi. Näitä siirrettäviä rakennuksia voidaan siirtää toiseen paikkaan tarpeen mukaan. Mahdollista on myös

yksittäisen moduulin siirto, jolloin osa tilaelementeistä jää paikalleen. (Palomäki & Nevala 2020.)

Tyypillinen siirrettävä talo on yleensä yhden tai kahden moduulin levyinen, jota on helppo kuljettaa kuorma-auton lavetilla, mutta tarvittaessa moduuleita voidaan lisätä ja näitä voidaan rakentaa myös kerroksittain. Siirrettävät rakennukset valmistetaan yleensä puusta, sillä paino vaikuttaa suuresti rakennuksen siirtoon ja puu on kevyttä verrattuna moniin muihin materiaaleihin. Ensimmäiset nykyaikaiset siirrettävät talot Suomessa on valmistettu 2007 ja tällä hetkellä uusimmat rakentamisen innovaatiot keskittyvätkin rakennusten siirrettävyyteen. Muualla maailmalla esimerkiksi Kanadassa sekä Yhdysvalloissa siirrettäviä taloja on ollut asumiskäytössä jo vuosikymmenien ajan. (Palomäki & Nevala 2020.)

Asukasluvun nopea kasvu tai lasku aiheuttavat kunnille haasteita tilojen käytön suhteen. Nopeasti kasvavissa lähiöissä siirrettävien tilaelementtien avulla saadaan ratkaistua käsillä olevat tilaongelmat nopealla aikataululla. Usein siirrettävät tilaelementtirakennukset toimivatkin päiväkotien tai koulujen väliaikaisina väistötiloina. Asukassuhdanteet alueittain voivat muuttua nopeastikin, jolloin siirrettävät kouluratkaisut ja moduulirakentaminen olisivat käytännöllisiä ratkaisuja myös pieneneviin oppilasmääriin, sillä siirrettävän koulun voi tarvittaessa siirtää kokonaan tai osittain ja sitä kautta vähentää käytössä olevia tiloja. (Palomäki & Nevala 2020.) Rakennuksen siirto on yleensä edullisempaa kuin purkaminen. Nykyiset modernit ja muuntautuvat rakennukset ovat täysin kierrätettäviä sekä siirrettäviä lisäksi rakennuksen käyttötarkoituksen muutos onnistuu tarvittaessa joustavasti ja näin saadaan vähennettyä rakentamisesta syntyvää jätekuormaa. (Toimintamalli 2017.)

### **3 ELINKAARIARVIOINTI**

Elinkaariarviointi LCA (Life Cycle Assessment) on menetelmä, jolla arvioidaan kohteena olevan tuotteen tai toiminnon koko elinkaarenaikaisia ympäristövaikutuksia sekä luonnonvarojen kulutusta. Elinkaariarviointi on olennainen työkalu rakennusten sekä rakentamisen ympäristövaikutusten arviointiin, sen avulla voidaan jo suunnitteluvaiheessa pyrkiä minimoimaan rakentamisen ympäristövaikutuksia materiaalivalintojen sekä energiankäytön kautta sekä ohjata

rakentamista kestäväen kehityksen näkökulmasta. Maailmanlaajuisesti hallitsevaa osaa yhteiskunnan hiilijalanjäljestä edustavat rakennettuun ympäristöön liittyvät hiilipäästöt. Käynnissä oleva ajankohtainen keskustelu ilmastomuutoksen torjumiseksi tuo vahvasti esiin elinkaaren hiilidioksidipäästöjen arvioinnin sekä hiilijalanjätkilaskentaa ohjaavat standardit, kuten SFS-EN ISO 14067:2018 sekä PAS2050 2011. Haasteena hiilijalanjätkilaskennalle tällä hetkellä on, että toistaiseksi ei ole olemassa yhtenäistä kansainvälisesti hyväksyttyä menetelmää rakennusten kasvihuonekaasupäästöjen mittaamiseen, raportointiin tai todentamiseen johdonmukaisella ja vertailukelpoisella tavalla. Tämän vuoksi hiilipäästölaskelmien vertailu on hankalaa, sillä laskentoja on suoritettu käyttäen erilaisia menetelmiä, laskentalaaajuuksia sekä kasvihuonekaasupäästöjen yksiköitä. (Fenner ym. 2018.)

Elinkaariarvioinnin tuloksia kuvataan verraten usein juuri hiilijalanjäljen avulla, joka kuvaa jonkin tietyn kokonaisuuden aiheuttamaa ilmastokuormaa. Tämä ilmastokuorma aiheutuu kasvihuonekaasujen, kuten hiilidioksidin, metaanin ja typpioksiduulin päästöistä ilmakehään. Hiilijalanjälki ilmoitetaan hiilidioksidiekvivalentteina. Kyseisessä yksikössä kaikki ilmastoa lämmittävien kasvihuonekaasujen vaikutukset on otettu huomioon. Vaikka suurin huomio elinkaariarvioinnissa on päästöjen mittaamisessa niin laskennassa voidaan ottaa huomioon myös kokonaisuuden aiheuttama positiivinen ilmastovaikutus, jota kuvataan hiilikädenjäljellä. (Taustaa 2018.) Hiilikädenjäljellä tarkoitetaan myönteisiä ilmastovaikutuksia, joita ei syntyisi ilman kyseistä kokonaisuutta. Näitä myönteisiä ilmastovaikutuksia voivat olla esimerkiksi tuotteiden uudelleenkäytöllä tai materiaalien kierrätyksellä vältettävät päästöt, pitkäikäiset hiilivarastot sekä rakennuksen tuottama ylijäävä uusiutuva energia. Huomioitavaa kuitenkin on, että hiilikädenjälki ilmoitetaan aina erikseen (- CO<sub>2</sub>), eikä sitä tule vähentää hiilijalanjäljestä. (Kysymyksiä ja vastauksia vähähiilisestä rakentamisesta s.a.)

### **3.1 Rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmä**

Ympäristöministeriön kehittämä rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmä on yksinkertainen elinkaariarviointimenetelmä, joka on kehitetty Suomen oloihin soveltuvaksi. Arviointimenetelmässä huomioidaan koko rakennus mukaan lukien tontin rakenteet, keskeisimmät osat taloteknisistä järjestelmistä

sekä energian käyttö koko rakennuksen elinkaaren ajan. Arviointimenetelmän avulla pyritään pienentämään rakennuksen elinkaarenaikaisia kasvihuonekaasupäästöjä huolellisen ennakkosuunnittelun avulla. Menetelmää pystytään hyödyntämään uudisrakennuksissa, mutta se soveltuu käytettäväksi myös korjausrakentamishankkeisiin. Arviointimenetelmää ei voida kuitenkaan hyödyntää infrarakentamisen kohteissa. (Kuittinen 2019.)

Arviointimenetelmää pystytään käyttämään jo rakennussuunnittelun aikana, jolloin käytettävissä on riittävän paljon yksityiskohtaisia tietoja rakennusmateriaaleista sekä energiantarpeesta. Arviointi on mahdollista suorittaa myös ennen rakennussuunnittelua, mutta silloin joudutaan turvautumaan tilastotietoihin vastaavien rakennushankkeiden toteutuneista hiilijalanjäljistä. Tällainen etukäteisarviointi voi tulla vastaan esimerkiksi asetettaessa julkisten hankintojen tavoitteita. Arviointimenetelmäohjeessa ei ole ohjeistusta tällaiselle tilastoihin pohjautuvalle laskennalle. Ympäristöministeriö on kehittänyt arviointimenetelmän lisäksi Excel-pohjaisen laskentatyökalun, mutta laskenta voidaan suorittaa myös muita hiilijalanjälkilaskureita käyttäen. (Kuittinen 2019.)

### 3.1.1 Rakennuksen hiilijalanjälkilaskennan vaiheet

Ympäristöministeriön vähähiilisuuden arviointimenetelmässä rakennuksen elinkaari on jaettu neljään osaan, joiden alle on lisätty kyseiseen vaiheeseen liittyvät osiot:

- A1-3 **Tuotevaihe**, sisältää osiot A1 Raaka-aineiden hankinta, A2 Kuljetus valmistukseen ja A3 Tuotteen valmistus.
- A4-5 **Rakentaminen**, sisältää osiot A4 Kuljetus työmaalle sekä A5 Työmaatoiminnot
- B **Käyttövaihe**, sisältää osiot B1 Tuotteen käyttö rakennuksessa, B2 Kunnossapito, B3 Korjaukset, B4 Osien vaihto, B5 Laajamittaiset korjaukset, B6 Energian käyttö, B7 Veden käyttö
- C **Elinkaaren loppu**, sisältää osiot C1 Purkamisen, C2 Kuljetus jatkokäsittelyyn, C3 Purkujätteen käsittely, C4 Purkujätteen loppusijoitus

Näiden vaiheiden lisäksi arviointimenetelmästä löytyy vaihe D **Lisätiedot**, joka käsittää rakennuksen elinkaaren ulkopuolelle jäävät hyödyt tai haitat. (Kuittinen 2019.)

Hiilijalanjätkilaskenta lähtee liikkeelle rajauksesta, jossa kartoitetaan mitä laskentaan tulee sisällyttää ja mitä voi jättää pois. Rajauksessa tulee myös päättää rakennuksen käyttöikä. Kun rajaus on valmis, niin laskentaa varten tulee kerätä tiedot rakennusmateriaaleista. Mikäli valmista määräluetteloa ei ole saatavilla, niin määrät tulee laskea mahdollisimman tarkkaan rakennepiirustuksista. Materiaalit syötetään arviointityökaluun kg:na, joissain poikkeustapauksissa m<sup>2</sup>:nä. Tämän vuoksi täytyy selvittää eri materiaalien tiheydet, jotta saadaan laskettua määrät m<sup>3</sup>:na, josta saadaan laskettua materiaalien painot. Materiaalien lisäksi tulee selvittää rakennuksen energiankulutus. Arviointityökulun yksinkertainen laskutapa ei vaadi muita tietoja laskentaa varten, vaan ohjelmasta löytyy yleisiä arvoja muille toiminnoille, jolloin nämä ovat hyödynnettävissä laskennassa. Laskenta on suoritettavissa myös tarkennettuna, jolloin tulee selvittää kohteen yksilölliset tiedot mm. työmaaenergiankulutuksen, kuljetuksen, hukan määrän, purkamisen sekä loppusijoituksen osalta. (Kuittinen 2019.)

## **4 HIILIJALANJÄLKILASKENTA**

### **4.1 Vantaan Sanomalan Paviljonkikoulu**

Tapaustutkimuksen kohteena hiilijalanjätkilaskennassa toimi Vantaan Sanomalan Paviljonkikoulu (kuva 1), joka toimii Vantaan kaupungin koulutilojen väistötiloina. Kyseessä on vuonna 2020 valmistunut uusi, tilapäiseksi ja siirrettäväksi suunniteltu rakennus, jonka vuokra-aika on viisi vuotta. Kohde sijaitsee osoitteessa Sanomatie 1, 01170 Vantaa.

Koulurakennus on perustettu pohjaolosuhteista johtuen teräspaalujen varaan, osaltaan perustamistapaan on vaikuttanut myös, että rakennuksen siirrettävyys.



Kuva 1. Vantaan Sanomalan Paviljonkikoulu (Referenssit. 2020)

Kohteen tiedot on talletettu SokoPro-projektipankkiin. Opinnäytetyön toteutusta varten käytössä olivat määräaikaiset oikeudet projektipankin käyttöä varten, jossa pääsi tarkastelemaan kohteen lupapiirustuksia PDF- ja DWG-muodoissa materiaalien määrälaskentaa varten.

Sanomalan paviljonkikoulun bruttopinta-ala on 1 145 m<sup>2</sup> ja se on mitoitettu palvelemaan 150 oppilasta ja 10 henkilöstön jäsentä. Rakennuksessa käy myös ruokailijoita läheisestä Sanomalan koulusta. Ruokailijoiden käynnit on suunniteltu porrastetusti, jotta kohteen palomitoituksen määräävä enimmäishenkilöluku 250 ei ylity missään vaiheessa.

Kohteen rakentamisen vaatimuksena ei ole ollut vähähiilisyystavoitetta, mutta tilaelementtirakennuksen KVR-urakan (sisältää suunnittelun, toteutuksen, perustukset ja maanrakennuksen) toteuttanut yritys Elementit-E Oy huomioi toimintoissaan niin ympäristöasiat kuin jatkuvan toimintojen kehittämisen, joten laskentaa voidaan käyttää hyväksi mahdollisesti myös tulevaisuudessa eteen saapuvissa urakoissa.

#### **4.2 Laskennan rajaus**

Laskenta on pyritty rajaamaan Ympäristöministeriön arviointimenetelmän ohjeistuksen mukaisesti. Ohjeistuksen mukaan tontin kasvillisuus ja alueen varusteet, kuten aidat ja leikkivälineet jätetään huomioimatta laskennassa. Näiden lisäksi laskentaan ei ohjeistuksen mukaisesti sisällytetä nauloja, ruuveja,

liimoja, listoja ja vähäisiä saumauksia. Laskennasta on ohjeistuksen mukaisesti jätetty pois myös pintakäsittelyt sekä maalaukset. (Kuittinen 2019.) Näiden rajausten osalta ohjeistuksen ja arviointityökalun välillä oli pientä ristiriitaa, sillä arviointityökalussa on valittavana myös tasoitteet sekä pinnoitukset, vaikka nämä voidaan arviointimenetelmän ohjeistuksen mukaan jättää huomioida.

Laskentaa varten olennaisinta oli saada laskettua koulurakennuksen hiilijalanjälki, jotta sitä voidaan vertailla siirtojen osalta. Tämän vuoksi laskennasta on jätetty pois ulkorakennukset, jotka kuuluisivat ohjeistuksen mukaisesti laskentaan. Eri kohteilla ulkorakennukset voivat muodostaa yllättävän suurenkin osan materiaalipäästöistä. Laskennasta jätettiin pois myös portaat, sillä niiden laskennan koettiin olevan epätarkkaa ja niiden vaikutus tulosten vertailuun on olematon.

Rakennuksen tarkastelujaksoksi eli käyttöiäksi määriteltiin 50 vuotta ja siirrettävän rakennuksen osalta tähän ajanjaksoon sisällytettiin 4 siirtoa uuteen paikkaan eli siirto aina 10 vuoden välein. Alkuperäinen laskelma eli paikalla rakennettu vertailukohde pysyy samalla paikalla koko elinkaarensa ajan. Vertailua helpottamaan laskettiin myös alkuperäisen rakennuksen rakentaminen toisen kerran ja neljä kertaa uudelleen, jotta nähdään siirtojen vaikutus verrattuna uudelleen rakennettavaan rakennukseen.

### **4.3 Laskenta**

Laskenta on suoritettu Elementit E Oy:n SokoPro-projektipankissa olleiden rakennuspiirustuksien pohjalta. Kohteesta ei ollut saatavilla minkäänlaisia määräluetteloita, joten rakenteiden laskeminen on suoritettu useiden piirustuksien läpikäymisen kautta, jotta materiaalmäärät on saatu laskettua mahdollisimman tarkasti. Kuvassa 2 esitetään laskennassa saadut rakennetyyppien pinta-alat.



<b>Rakenne</b>	Perustukset	Alapohja	Alapohja	Alapohja	Alapohja			
<b>m<sup>2</sup></b>	569	AP1 561	AP2 157	AP3 25	TB-laatta 8			
<b>Rakenne</b>	Ulkoseinä	Ulkoseinä	Ulkoseinä	Ulkoseinä	Ulkoseinä			
<b>m<sup>2</sup></b>	US1 421	US1_2 14	US2 75	US3 27	US5 133			
<b>Rakenne</b>	Väli­pohja	Väli­pohja						
<b>m<sup>2</sup></b>	VP1 561	VP2 157						
<b>Rakenne</b>	Väliseinä	Väliseinä	Väliseinä	Väliseinä	Väliseinä	Väliseinä	Väliseinä	Väliseinä
<b>m<sup>2</sup></b>	VS1 100	VS2 58	VS3 159	VS4 179	VS5 184	VS6 61	VS7 24	VS8 61
<b>Rakenne</b>	Yläpohja	Yläpohja						
<b>m<sup>2</sup></b>	YP1 558	YP2 184						
<b>Rakenne</b>	Ikkunat	Väli­ovet	Ulko-ovet					
<b>m<sup>2</sup></b>	91	89	24					

Kuva 2. Vantaan Sanomalan Paviljonkikoulun rakennetyyppien neliömäärät

Kun rakennetyypit oli saatu laskettua, niin sen jälkeen jokainen rakennetyyppi on ”purettu osiin”, jotta materiaalit on saatu muutettua kuutiometreiksi. Tämän jälkeen materiaalien ominaistiheyksiä käyttäen on saatu laskettua eri materiaalien massa (kg). Materiaaleille on täytynyt saada laskettua massa, sillä laskentamenetelmä kertoo massan materiaalin yleisellä päästökertoimella, josta muodostuu tietyn laskennan kohteena olevan materiaalin hiilijalanjälki (kgCO<sub>2e</sub>).

Laskennan läpinäkyvyyden vuoksi raportissa on esitetty laskentatapa yleisimpien rakennuksessa käytettyjen rakennetyyppien osalta. Taulukoista käy ilmi, kuinka näiden rakennetyyppien ”purkaminen osiin” on suoritettu sekä kuinka laskenta materiaalien ominaistiheyksiä käyttämällä on toteutettu.

Rakennusten perustusten materiaalilaskenta vei Excel-tilukosta useamman sivun, joten sen esittäminen tässä kohdin raporttia olisi haastavaa. Perusrakenteiden laskeminen on purettu samalla tavoin osiin kuin kaikkien muidenkin rakennetyyppien. Kuten jo aiemmin mainittu, niin rakennus on perustettu teräspaalujen varaan. Paalut ovat asennuksen jälkeen täytetty betonilla. Muita perustuksiin laskettuja materiaaleja ovat olleet murske, jonka paksuus on ollut 250 mm, routasuojaus EPS 100 mm, suodatinkangas, lämmöneristeenä käytetty Leca-sora 200 mm sekä salaojasepeli. Perustusten osalta lasketut materiaalit sekä massat (kg) löytyvät Vantaan Sanomalan Paviljonkikoulun hiilijalanjälkilaskennasta, joka on raportin liitteenä 1.

Kohteessa on käytetty alapohjarakenteina kolmea erilaista rakennetyyppiä. Yleisin alapohjarakenteena käytetty rakennetyyppi AP1, jonka laskentamenetelmä on kuvattu taulukossa 1. Tämän lisäksi terrassin alapohjarakenteena on käytetty rakennetyyppiä AP2 ja kylmissä varastotiloissa alapohjarakenteena on käytetty rakennetyyppiä AP3. Ilmavesilämpöpumpun alla alapohjarakenteena on käytetty reunavahvistettua TB-laattaa.

Taulukko 1. Vantaan Sanomalan Paviljonkikoulun yleisimpänä alapohjarakenteena käytetyn rakennetyypin AP1 laskenta

Materiaali	Paksuus m	m <sup>3</sup>	tiheys kg/m <sup>3</sup>	kg
Havuvaneri	0,021	12	450	5301
Lauta	0,022	3	450	1373
Kertopuu	0,045	25	450	11065
Mineraalivilla	0,2	112	35	3972
Palosuojavilla	0,1	56,1	18	1010
Lauta	0,019	1,32	450	593

Välipohjarakenteina kohteessa on käytetty kahta erilaista rakennetyyppiä. Yleisin välipohjarakenteena käytetty rakennetyyppi VP1, joka on kohteen sisätiloissa käytetty välipohjarakenne. Rakennetyypin VP1 laskenta on kuvattu taulukossa 2. Kohteen toista välipohjarakennetta VP2 on käytetty rakennuksen ulkoporrastasoilla.

Taulukko 2. Vantaan Sanomalan Paviljonkikoulun yleisimpänä välipohjarakenteena käytetyn rakennetyypin VP1 laskenta

Materiaali	Paksuus m	m <sup>3</sup>	tiheys kg/m <sup>3</sup>	kg
Lastulevy	0,022	12	630	7565
Vaneri (mt)	0,021	0,32	450	144
Lauta	0,022	4,11	450	1851
KP 51x400	0,051	36,7	450	17402
Mineraalivilla	0,3	168	35	5891
Palosuojavilla	0,1	56,1	18	1010
Vaneri	0,009	5,1	450	2272
Lauta	0,025	0,7	450	316
KP51x200	0,051	11,4	450	5112
Palkki48x198	0,048	2,1	450	941
Mineraalivilla	0,1	56,1	35	1964
Rakennuspaperi	0,0003	1,68	537	904
25x100	0,025	3,5	450	1578
Kipsilevy2x13mm	0,026	14,6	730	10648

Kohteessa on käytetty yläpohjarakenteena kahta erilaista rakennetyyppiä. Yleisin käytetty rakennetyyppi kohteessa on YP1, jonka laskenta on kuvattu taulukossa 3. Rakennuksessa sijaitsevien katosten yläpohjarakenteena on käytetty rakennetyyppiä YP2.

Taulukko 3. Vantaan Sanomalan Paviljonkikoulun yleisimpänä yläpohjarakenteena käytetyn rakennetyypin YP1 laskenta

Materiaali	Paksuus m	m <sup>3</sup>	tiheys kg/m <sup>3</sup>	kg
Bitumikermikate	0,007	4,5	2000	8988
Vesikattovaneri	0,015	9,6	450	4333
NR-ristikot	0,042	17,4	450	7711
Palosuojavilla	0,1	56,1	18	1010
Mineraalivilla	0,36	202	35	7069
Höyrynsulkumuovi	0,0002	0,11	910	102
25x100	0,025	2,6	450	1169
Kipsilevy	0,026	14,6	730	10648
KP75x200	0,075	3,1	450	1394

Kohteen ulkoseinärakenteina on käytetty viittä erilaista rakennetyyppiä. Yleisin kohteessa käytetty ulkoseinän rakennetyyppi on US1, jonka laskenta on kuvattu taulukossa 4. Ulkoseinän rakennetyyppi US1\_2 on ääneneristävyydeltään parempi ja US3 rakennetyyppiä on käytetty kohteen märkätilojen ulkoseinärakenteena. Rakennetyyppiä US5 on käytetty kohteessa ulkoportaiden suojana olevissa kylmissä seinissä. Näiden lisäksi kylmien varastotilojen rakennetyyppi US4, jota ei laskennassa ole huomioitu, sillä varastotilat rajattiin pois laskennasta.

Taulukko 4. Vantaan Sanomalan Paviljonkikoulun yleisimpänä ulkoseinärakenteena käytetyn rakennetyypin US1 laskenta

Materiaali	Paksuus m	m <sup>3</sup>	tiheys kg/m <sup>3</sup>	kg
EK kipsilevy	0,013	5,5	730	3994
Havuvaneri	0,012	5,1	450	2273
Höyrynsulkumuovi	0,0002	0,08	910	77
48x245	0,048	10,2	450	4592
Mineraalivilla	0,25	105,2	35	3682
Tuulensuojakipsilevy	0,009	3,8	730	2765
19+19	0,038	3,3	450	1484
UTS	0,028	11,8	450	5303

Väliseinärakenteina kohteessa on käytetty kahdeksaa erilaista rakennetyyppiä (VS1, VS2, VS3, VS4, VS5, VS6, VS7, VS8). Väliseinärakenteiden osalta las-  
kentakuvaus (taulukko 5) on tehty rakennetyypin VS5 pohjalta. Erilaisten väli-  
seinärakenteiden käyttöön on vaikuttanut seinältä vaadittavat ominaisuudet.  
Väliseinärakennetta valittaessa tulee tarkastella, onko rakenne kantava, vai ei.  
Lisäksi märkätiloihin vaaditaan siihen soveltuva rakennetyyppi. Näiden lisäksi  
muuta huomioitavia asioita väliseinärakennetta valitessa ovat ääneneristävyys  
sekä elementtien väliset väliseinärakenteet.

Taulukko 5. Vantaan Sanomalan Paviljonkikoulun väliseinärakenteen rakennetyypin VS5 las-  
kenta

Materiaali	Paksuus m	m <sup>3</sup>	tiheys kg/m <sup>3</sup>	kg
EK kipsilevy	0,013	2,39	730	1746
Havuvaneri	0,012	2,21	450	994
48x148	0,048	3,5	450	1576
Mineraalivilla	0,15	27,6	35	966
Tuulensuojapaperi	0,0003	0,06	537	30
Tuulensuojapaperi	0,0003	0,06	537	30
Mineraalivilla	0,15	27,6	35	966
48x148	0,048	3,5	450	1576
Havuvaneri	0,012	2,21	450	994
EK kipsilevy	0,013	2,39	730	1746

Kun materiaalmäärät oli saatu muutettua massoiksi (kg), niin ne syötettiin  
Ympäristöministeriön ja Green Building Council Finlandin kehittämään hiilija-  
lanjäljen arviointityökaluun. Kyseinen laskentaohjelma laskee materiaaleille  
hiilijalanjäljen ja mahdollisen hiilikädenjäljen materiaalin massaa ja kyseisen  
materiaalin päästökerrointa hyödyntämällä.

Rakennuksen energiakulutuksen tiedot Vantaan Sanomalan Paviljonkikoulun  
osalta on saatu kohteen energiaselvityksen perusteella. Selvityksen mukainen  
kokonaisenergiankulutus syötettiin laskentataulukkoon, josta saatiin päästötie-  
dot rakennuksen energiankulutuksen osalta. Hiilijalanjälkilaskenta (liite 1) on  
suoritettu arviointityökalun yksinkertaista menetelmää käyttäen, jolloin ohjelma  
on laskenut rakentamisen aikaisen sekä työmaa-aikaisen energiankäytön las-  
kentaohjelmassa olevien yleisten taulukkoarvojen mukaan. Elinkaaren lopun  
sekä taloteknisten järjestelmien hiilijalanjälki on laskettu myös yleisiä taulukko-  
arvoja käyttäen.

#### 4.4 Rakennuksen siirtojen ja uudelleenrakentamisen laskeminen

Rakennuksen siirto uudelle rakennuspaikalle on laskettu kuvitteellisten kilometrien sekä autojen ja koneiden päästötietojen perusteella. Työmaa-aikainen rakentamisaika on huomioitu Elementit-E Oy:n aiemmin toteutuneiden siirtojen aiheuttaman työmaa-ajan mukaan. Rakennuksen siirto on laskettu huomioiden työmaatoimintojen energiankulutus, purkaminen, uudelleen kasaaminen, kuljetukset, käytön aikaiset korjaukset sekä tonttiosat, jotka tulee tehdä joka kohteessa uudelleen, eikä niitä voida hyödyntää siirtoja ajatellen. Siirtojen lisäksi on laskettu myös kohteen rakentaminen, jolloin saadaan hiilijalanjälki useamman rakennuksen osalta kuin myös siirtojenkin. Kohteen uudelleen rakentaminen on laskettu yksinkertaisesti kertomalla alkuperäinen hiilijalanjälkilaskennan tulos tarvittavalla rakentamismäärällä, tässä tapauksessa kaksi ja neljä kertaa, kuten siirrotkin.

Siirron osalta laskentaan on otettu mukaan tilaelementit 20 kappaletta, joiden siirtoon tarvitaan 20 kuorma-autolavettia. Kuorma-autoille laskentaa varten tarvittavat päästötiedot on otettu VTT:n LIPASTO-tietokannasta (2017a). Kuljetusmatkaksi on arvioitu 200 km yhtä siirtoa kohden ja siirtoja tulee 4 kappaletta. Laskennassa on huomioitu myös autojen paluumatka tyhjiään 200 km. Tilaelementtien siirtojen aiheuttamiksi päästöiksi saatiin laskennassa 25 472 kgCO<sub>2e</sub>/neljä siirtoa.

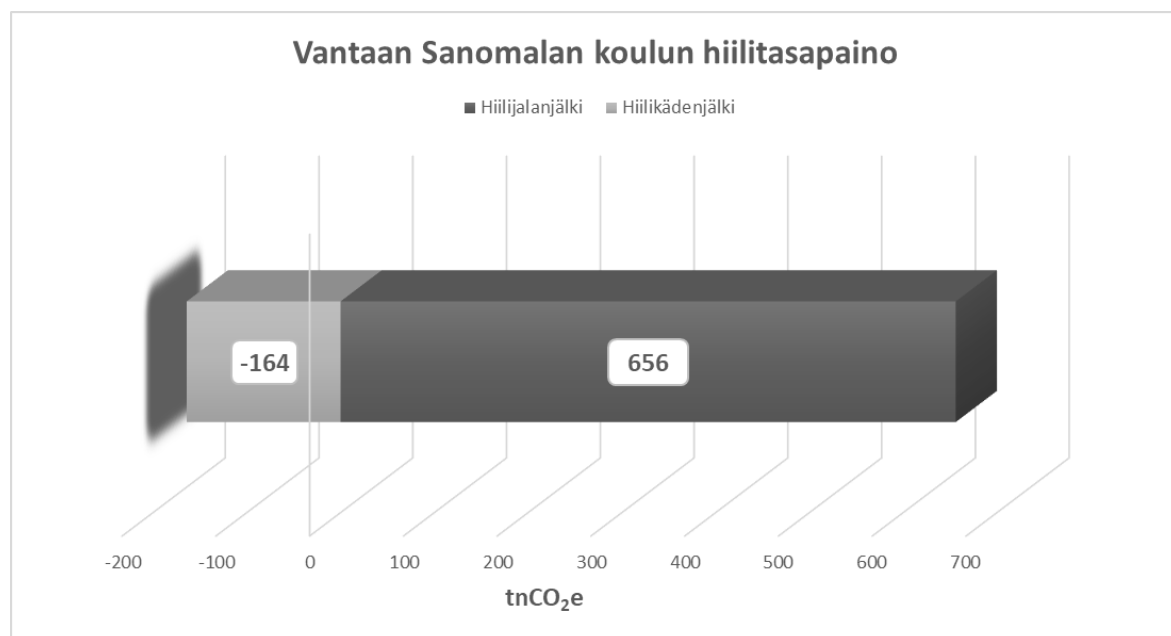
Työmaatoiminnot kestävät siirroissa purkamisen osalta 2 vko ja kasaus 5 vko (elementtien asennus 1 vko). Purkamisen ja elementtien asentamisen osalta on huomioitu koneiden päästöt yhteensä 120 tuntia, josta purkamisen aiheuttamat päästöt 12 830 kgCO<sub>2e</sub>/neljä siirtoa ja elementtien asentamisen aiheuttamat päästöt 6 415 kgCO<sub>2e</sub>/neljä kasausta. Työkoneiden päästöt on otettu VTT:n LIPASTO tietokannasta (2017b). Työmaatoimintoja ja kuljetuskalustoa koskevat tiedot on saatu Elementit-E Oy:n kehityskoordinaattori Tuula Korpealta.

Työmaanenergiankulutuksen tiedot pohjautuvat VTT:n asiakasraporttiin, jossa oli huomioitu rakennustyömaan energiankulutus perustuen kolmen eri rakennustyömaan energialaskuihin toteutuneista sähkönkulutuksista. Koska energiankulutus on riippuvainen rakennuskaudesta, niin raportissa on huomioitu

tämä ja saatu moduulien asentamisen energiankulutukseksi 7,5 kWh/rakennus-m<sup>3</sup> (Vares 2018). Kohteen rakennus-m<sup>3</sup> ollessa 5 003 m<sup>3</sup> saadaan työmaan energiankulutukseksi 37 523 kWh. Energiankulutus on kerrottu energianpäästökertoimella 0,131kgCO<sub>2</sub>/kg (Motiva 2019), jolloin saatiin laskettua työmaatoimintojen energiankulutuksen päästöt. Siirtojen laskenta löytyy raportin liitteestä 2.

## 5 TULOKSET

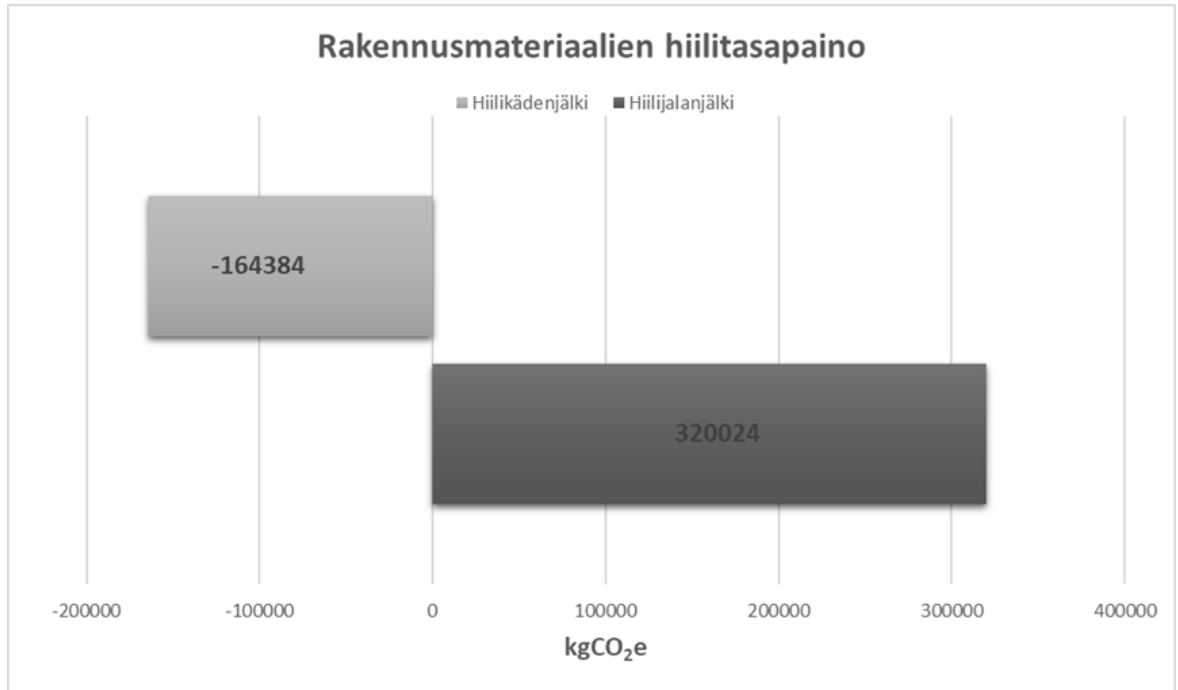
Vantaan Sanomalan Paviljonkikoulun elinkaarenaikainen hiilijalanjälki on 656 tnCO<sub>2</sub>e ja elinkaarenaikaiset nettohyödyt eli hiilikädenjälki - 164 tnCO<sub>2</sub>e. Liitteessä 1 on yhteenvetona esitetty koko kohteen hiilijalanjälkilaskennan tulokset. Saadun tuloksen perusteella voidaan todeta, että Vantaan Sanomalan Paviljonkikoulun hiilitasapaino (kuva 3) vaatii vielä paljon lisää positiivisia ilmastohyötyjä, jotta päästöjen osuutta voitaisiin kompensoida ja rakennusta voitaisiin kutsua hiilineutraaliksi. Tulosten perusteella koulurakennuksen hiilikädenjäljen osuus on tällä hetkellä vain 25 % hiilijalanjäljestä, joten päästöjä kertyy vielä paljon enemmän kuin hyötyjä.



Kuva 3. Vantaan Sanomalan Paviljonkikoulun elinkaarenaikainen hiilitasapaino

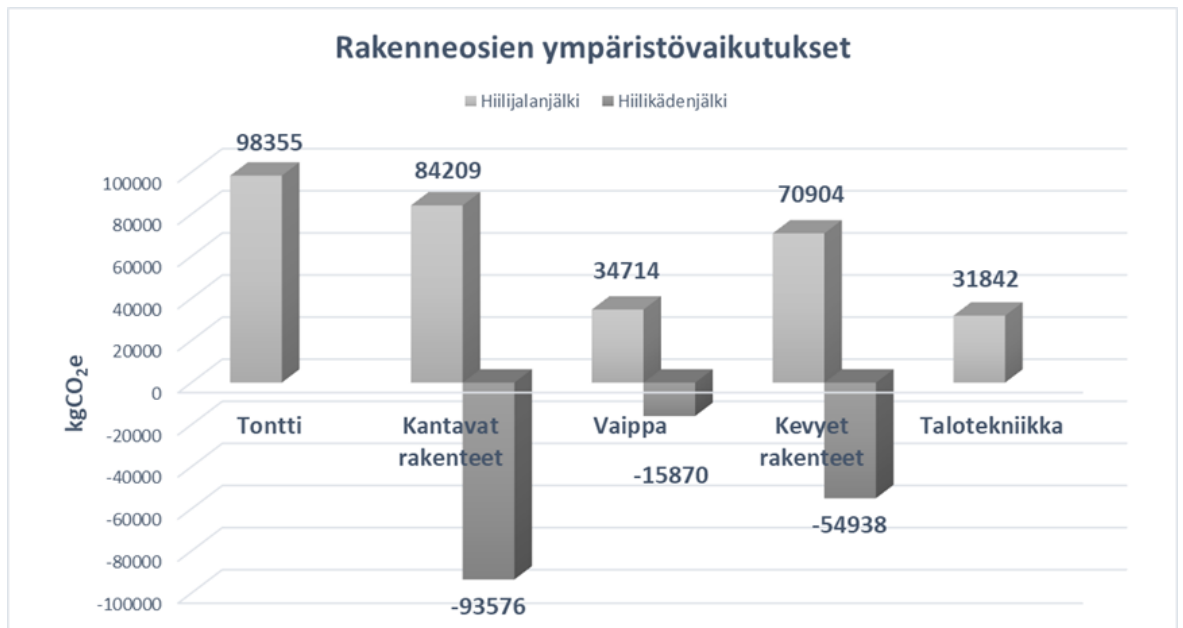
Tarkasteltaessa pelkästään kohteen rakennusmateriaalien hiilitasapainoa (kuva 4), tulokset osoittavat, että hiilikädenjäljen osuuden olevan noin puolet hiilijalanjäljestä. Tutkimustuloksen perusteella voidaan sanoa, että materiaali-

valinnoilla on mahdollisuus vaikuttaa rakennuksen hiilitasapainoon. Rakennusmateriaalien osuus on noin 50 % koko rakennuksen hiilijalanjäljestä, joten pienentämällä myös materiaaleista aiheutuvia päästöjä kuljetaan kaiken aikaa lähemmäs hiilineutraalia rakennusta.



Kuva 4. Vantaan Sanomalan Paviljonkikoulun rakennusmateriaalien hiilitasapaino

Kuvassa 5 tarkastellaan kohteen päästöjä rakenneosioittain. Lähemmän tarkastelun perusteella voidaan todeta, että rakenneosat, joissa on käytetty paljon puuta rakennusmateriaalina sisältävät huomattavan määrän myös positiivisia ilmastohyötyjä. Esimerkiksi kantavia rakenteita tarkasteltaessa voidaan huomata ympäristövaikutusten positiivisten vaikutuksien eli hiilikädenjäljen olevan hiilijalanjälkeä suurempi. Sen sijaan tonttiosaa tarkastellessa, jossa puumateriaaleja ei ole käytetty, vaan rakenteet muodostuvat pääosin maa-aineksesta, betonista, eristemateriaaleista sekä teräksestä, hiilikädenjäljen osuus jää nolaksi ja hiilijalanjäljen osuus on suurempi kuin kantavien rakenneosien hiilijalanjälki. Samanlainen johtopäätös on vedettävissä talotekniikan osalta.



Kuva 5. Vantaan Sanomalan Paviljonkikoulun rakenneosien ympäristövaikutukset

Kuvassa 6 esitetään vertailua Vantaan Sanomalan Paviljonkikoulun siirroista tai uudelleen rakentamisesta aiheutuvaa ympäristökuormaa. Tulosten perusteella siirroista aiheutuu merkittävästi vähemmän hiilijalanjälkeä kuin uudelleen rakennettaessa. Tulokset osoittavat, että neljän samanlaisen paikallaan rakennetun koulun hiilijalanjäljeksi muodostui 2 624 t<sub>n</sub>CO<sub>2</sub>e sen sijaan neljästi siirrettävä koulu tuotti 1 163 t<sub>n</sub>CO<sub>2</sub>e. Tulosten perusteella voidaan laskea, että siirroista aiheutui 44 % vähemmän päästöjä kuin uudelleen rakentamisesta.



Kuva 6. Vantaan Sanomalan Paviljonkikoulun siirroista tai uudelleen rakentamisesta aiheutuva hiilijalanjälki



## 5.1 Tulosten tarkastelu

Tarkasteltaessa tuloksia tulee huomioida, että laskenta on suoritettu laskijan olemassa olevien tietojen sekä taitojen pohjalta, jonka vuoksi laskennasta voi löytyä mahdollisia puutteita. Laskentaa olisi ollut mahdollista viedä vielä laajemmalle etenkin hiilikädenjäljen osalta siirrettävässä rakennuksessa. Opinnäytetyöksi tutkimus olisi lähtenyt tämän myötä leviämään liian laajalle alueelle, sillä kierrätettävien rakenteiden aiheuttamat positiiviset ilmastohyödyt olisivat vaatineet runsaasti taustatietojen tutkimista, jonka vuoksi laskennassa keskityttiin yksinkertaisesti laskettaviin päästöihin ja nettohyötyihin.

Laskennasta olisi voinut saada tarkemman ja sitä kautta kohdennetumman, mikäli kaikki kohteessa käytetyt materiaalit olisivat olleet tiedossa ja arviointimenetelmään olisi laskenut rakennusmateriaalit tarkennetun menetelmän kanssa käyttämällä juuri kyseisen materiaalin ominaispäästökerrointa yleisten taulukkoarvojen sijaan. Opinnäytetyöksi jo rakennuksen hiilijalanjälkilaskelman suorittaminen ja analysointi olisi laajuudeltaan riittänyt. Tämän vuoksi laskenta suoritettiin yksinkertaistetulla laskennalla, jotta tutkimus pysyi kasassa ja pystyttiin keskittymään tärkeimpiin tuloksiin eli siirtojen huomioimiseen.

Suurimman haasteen laskentaan toi tietojen puute siirrettävien rakennuksien osalta. Arviointimenetelmän ohjeistuksessa sanotaan *”Jos rakennuksen toteutusvaiheessa tullaan käyttämään uudelleen vanhoja rakennusosia tai muilta työmailta ylijääneitä tuotteita, jätä näiden tuotteiden valmistuksen tai uudelleenkäytön valmistelun hiilijalanjälki arvioinnin ulkopuolelle. Oletuksen tuotteiden uudelleenkäytöstä voit tehdä vain silloin, kun uudelleenkäytettävät tuotteet ovat olleet osana rakennuksen suunnittelua. Samaa oletusta ei voi tehdä enää myöhemmin rakennuksen korjauksen ja vaihtojen (moduulit B3–4) aikana”* (Kuittinen 2019). Tämän ohjeistuksen perusteella kohteen siirtolaskennassa ei huomioitu enää lainkaan ensimmäisen laskennan jälkeen uudelleenkäytettäviä tilaelementtejä tai muita siirrettäviä materiaaleja.

Perusolettamuksena laskennassa alkuperäisen rakennuksen jälkeen oli, että nämä siirrettävät rakenteet ovat 100 % kierrätettäviä. Mielenkiintoista olisi

vielä selvittää millaisia ilmastohyötyjä näiden tilaelementtien uudelleenkäytöstä syntyy. Säästetäänhän tällä tavoin ainakin neitseellisiä materiaaleja, kun ei rakenneta uutta.

Huomionarvoista tulosten osalta kuitenkin on siirrettävän rakennuksen huomattavan paljon pienempi hiilijalanjälki. Tuloksen luotettavuuden kannalta olisiikin hyvä löytää tai tehdä muutama vertaileva tutkimus, jotta nähtäisiin, onko rakennuksen siirtämisellä verrattuna uudelleen rakentamisella todella näin suuri ero hiilidioksidipäästöjen suhteen.

## 6 POHDINTA

Laskennan eteneminen oli hidasta, mikä johtui paljolti laskijan kokemuksen puutteesta, mutta oman haasteensa toi myös arviointimenetelmän kankeus, kun kaikki muotoilut olivat poissa. Jos laskennan olisi tehnyt tyhjään Excel-pohjaan, olisi laskennan käyttäminen ollut sujuvampaa kuin valmiin pohjan käyttäminen. Laskentaohjelman kankeudesta kertoi esimerkiksi, että ohjelmassa pystyi esimerkiksi lisäämään rivejä, mutta niitä ei pystynyt poistamaan. Samoin kopiointi ei ollut mahdollista ja jos jotain täytyi korjata, niin osittain täytyi kirjoittaa kaikki uudelleen. Näiden edellä mainittujen puutteiden lisäksi laskentamenetelmän materiaalivalinnat olivat hyvin rajalliset ja kaikkia materiaaleja ei löytynyt joka kohdasta, joten osa materiaaleista on täytynyt laittaa ”väärän” osion alle. Joissain kohdin olisi kaivannut kommenttikenttää, johon olisi voinut itse lisätä tarkentavia tietoja.

Muuntojoustosta puhutaan rakennusalalla paljon ja pääpainopisteenä siinä on rakennusten muunneltavuus sisätilojen osalta, jotta niiden käyttötavan muutos olisi helppoa ja käyttöaste olisi kattava. Laskennassa saadut tulokset kuitenkin osoittavat, että siirrettävät rakennukset tulisi tulosten perusteella ehdottomasti huomioida muuntojoustavuuden osalta, sillä ne saadaan helposti siirrettyä uuteen kohteeseen, kun tilantarve on akuutti ja tilantarpeen muuttuessa rakennukset ovat valmiita siirrettäviksi seuraavaan kohteeseen. Tällainen toimintamalli helpottaisi kuntien tilantarvetta etenkin kasvukeskuksissa, joissa on paljon käyttäjiä. Vastaavasti muuttotappiopaikkakunnilla käytön vähentyessä rakennus tai osa siitä voitaisiin siirtää toiseen paikkaan ja näin ollen jäävien tilo-

jen käyttöaste pysyisi hyvänä pienenevästä asiakaskunnasta riippumatta. Siirrettävän rakennuksen käyttäminen olisi myös ilmastoystävällinen teko, sillä neitseellisten raaka-aineiden käyttö vähenisi merkittävästi rakennuksen uudelleenkäytön vuoksi.

Saatujen tulosten perusteella etenkin betoni- ja terästeollisuus kaipaavat kehitystyötä ympäristöpäästöjen pienentämiseen sekä siihen, kuinka näille materiaaleille olisi mahdollista saada ilmastohyötyjä hiilikädenjäljen muodossa. Puutuva hiilikädenjälki etenkin betonin osalta oli yllätys laskennan aikana, tähänkin pystyisi varmaan vaikuttamaan tarkemman laskennan osalta, sillä Suomessa on myös hiilineutraaleja valmisbetoneja, joiden hiilijalanjäljen täytyy olla pienempi mitä laskennassa käytetty.

Pohdittaessa tilaajayritys Elementit-E:n tavoitetta pyrkiä hiilineutraaliksi vaikuttaisi se olevan mahdollista juuri puun käytön tuottaman positiivisen ilmastohyödyn vuoksi. Tässä olisi selkeä tarve jatkotutkimuksille tarkemman laskennan mukaan, joiden laskennassa hyödynnettäisiin tehtaan omaa energiankäyttöä yleisten arvojen sijaan. Tämä vaikuttaisi varmasti rakentamisen aikaiseen energiankulutukseen, sillä käytettäessä tehdasvalmisteisia tilaelementtejä rakennusaika lyhenee merkittävästi ja näin ollen voisi olettaa myös kulutuksen laskevan työmaatoimintojen osalta. Rakentamisen aikaiseen energiankäyttöön voisi vaikuttaa positiivisesti myös yrityksen energiaomavaraisuus (aurinkopaneelit, hakkeenpolttovoimalaitos), johon on panostettu viime vuosina.

## **7 JOHTOPÄÄTÖKSET**

Tulosten perusteella voidaan todeta, että rakentamisen materiaalivalinnat vaikuttavat huomattavan paljon rakennuksen hiilidioksidipäästöihin. Kuitenkaan pelkkien materiaalien kautta rakennusta ei ole mahdollista saada hiilineutraaliksi. Hiilineutraaliutta tavoiteltaessa tulee kiinnittää huomiota myös kuljetuksista aiheutuviin päästöihin, rakennuksen energiatehokkuuteen sekä työmaaikaiseen energiatehokkuuteen.

Huomattavissa oli, että puun käytöllä rakentamisessa voidaan saavuttaa suuria ilmastohyötyjä ja sitä kautta saadaan pienennettyä rakentamisen aiheuttamaa ilmastokuormaa. Huomionarvoisia ovat etenkin teräs- ja betonirakenteiden aiheuttamat päästöt, jotka nostavat koko rakennuksen hiilijalanjälkeä, eikä hiilikädenjäljen kautta saatavia ilmastohyötyjä tule lainkaan.

Ero puun ja betonin tai teräksen hiilikädenjäljen osalta tulee varmasti vielä kasvamaan, kun arviointimenetelmä kehittyy. Tällä hetkellä arviointimenetelmästä puuttuu esimerkiksi hiilikädenjälki kertopuulle, jota tässäkin kohteessa käytettiin merkittävässä määrin. Sen huomioiminen olisi lisännyt kohteen hiilikädenjälkeä huomattavasti. Kertopuulle löytyy kuitenkin hiilikädenjälki rakentamisen päästötietokannasta, jonka ylläpidosta ja kehittämisestä vastaa Suomen ympäristökeskus SYKE.

Laskennan perusteella on tarpeen huomioida rakennusmateriaalivalintoja tonttiosion osalta. Löytyisikö sellaisia perusratkaisuja, joista aiheutuisi vähemmän päästöjä? Monesti pohjaolosuhteet ovat kuitenkin sen verran haastavat, että paalutus on tarpeen tehdä ja valinnanvaraa vaihtoehtoisten perustusten osalta on hyvin vähän. Olisiko alapohjassa sijaitsevien teräspalkkien vaihto esimerkiksi puuhun mahdollinen ratkaisu, joka pienentäisi alapohjarakenteen päästöjä.

Laskenta osoitti myös, että rakennusten siirrosta aiheutuu huomattavan paljon vähemmän ilmastopäästöjä kuin uudelleen rakennettavasta rakennuksesta. Eli siirrettävän rakennuksen käyttö olisi saatujen tulosten perusteella ekologinen ja ympäristöystävällinen ratkaisu. Siirrettävät tilaelementit olisivat myös ympäristöystävällinen ratkaisu tilapäiseen tai pysyvään tilantarpeeseen.

## LÄHTEET

Fenner, A. E., Kibert, C. J., Woo, J., Morque, S., Razkenari, M., Hakim, H. & Lu, X. 2018. The carbon footprint of buildings: A review of methodologies and applications. Artikkele. Saatavissa: <https://kaakkuri.finna.fi/> [viitattu 30.4.2021].

Ilmastonmuutos ilmiönä. s.a. Ilmasto-Opas. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/ilmio/-/artikkeli/962d9aa2-e7e3-4df5-89a2-9f1f653e0d4e/ilmastonmuutos-ilmiona.html> [viitattu 4.4.2021].

Junnonen, J-M. 2012. Korjausrakentamisen teolliset ratkaisut. Artikkele. Rakentajain kalenteri. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK120704.pdf> [viitattu 4.4.2021].

Karoluoto, O. s.a. Edullisin tapa hartiapankilla – paikallarakentaminen. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.mestari-inssit.fi/halpa-rakennustapa.htm> [viitattu 12.4.2021].

Kestävä rakentaminen on vastuullista rakentamista. s.a. Rakennusteollisuus. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa/alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/Kestava-rakentaminen/> [viitattu 4.4.2021].

Korpela, T. 2021 Kehityskoordinaattori Elementit E Oy. Sähköpostikeskustelu 4–5.3.2021.

Kuittinen, M. 2019. Rakennuksen vähähiilisuuden arviointimenetelmä. Ympäristöministeriö. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:22. Saatavissa: [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161761/YM\\_2019\\_22\\_Rakennuksen\\_vahahiilisuuden\\_arviointimenetelma.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161761/YM_2019_22_Rakennuksen_vahahiilisuuden_arviointimenetelma.pdf?sequence=1&isAllowed=y) [viitattu 4.4.2021].

Kysymyksiä ja vastauksia vähähiilisestä rakentamisesta. s.a. Ympäristöministeriö. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://ym.fi/kysymyksiä-ja-vastauksia-vahahiilisesta-rakentamisesta> [viitattu 4.4.2021].

LIPASTO-tietokanta. 2017a. VTT. Puoliperävaunulla varustettu yhdistelmä, Kokonaisuudessa 40 t, kantavuus 25 maantieajo. WWW-dokumentti. Päivitetty 6.7.2017. Saatavissa: <http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/tavaraliikenne/tieliikenne/kapptie.htm> [viitattu 19.4.2021].

LIPASTO-tietokanta. 2017b. VTT. Työkoneiden keskimääräinen päästö ja energia polttoainelitraa kohden Suomessa vuonna 2016. WWW-dokumentti. Päivitetty 6.7.2017. Saatavissa: [http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/muut/tyokoneet/tyokoneet\\_litra.htm](http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/muut/tyokoneet/tyokoneet_litra.htm) [viitattu 19.4.2021].

Materiaalitehokas rakentaminen. 2021. Ympäristöosaava. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ymparistoosaava.fi/rakennusala/index.php?k=22806> [viitattu 11.4.2021].

Motiva. 2019. CO<sub>2</sub>-päästökertoimet. WWW-dokumentti. Päivitetty 13.4.2021. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiankaytto\\_suomessa/co2-paastokertoimet](https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiankaytto_suomessa/co2-paastokertoimet) [viitattu 19.4.2021].

Palomäki, V. & Nevala, M. 2020. CE Wood-hanke. Miten talo rakennetaan siirrettäväksi? Kirjallisuuteen perustuva selvitystyö. Saatavissa: [https://www.no-via.fi/assets/CE-wood/Miten-talo-rakennetaan-siirrettavaksi-raportti-viimeinen.pdf?fbclid=IwAR2\\_S1\\_Z6Px9n-TPu0x2jq8aYSWgn-phzsf14IzVE1K1zOEUkKXZ0Xnk1\\_Xw](https://www.no-via.fi/assets/CE-wood/Miten-talo-rakennetaan-siirrettavaksi-raportti-viimeinen.pdf?fbclid=IwAR2_S1_Z6Px9n-TPu0x2jq8aYSWgn-phzsf14IzVE1K1zOEUkKXZ0Xnk1_Xw) [viitattu 30.4.2021].

PAS 2050. 2011. Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services. British Standards Institution.

Puurakentamisen ohjelma. s.a. Ympäristöministeriö. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://ym.fi/puurakentaminen> [viitattu 11.4.2021].

Puurakenteissa ja -kalusteissa puun sitoma hiili säilyy pitkään. s.a. Maa- ja metsätalousministeriö. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://mmm.fi/metsat/puun-kaytto/puurakentaminen-ja-puutuotteet> [viitattu 8.5.2021].

Rajala, V-P. 2014. Puurakenteiset tilaelementtirakennukset. Rakennustuotepalvelut Oy. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.rakennustuotepalvelut.fi/tuotepalvelut/elementointipalvelu/> [viitattu 12.4.2021].

Referenssit. 2020. Elementit-E Oy. 2020. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://elementit.fi/case/sanomalan-paviljonkikoulu/> [viitattu 4.4.2021].

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

Sipiläinen, I. 2020. Katsaus teolliseen puurakentamiseen-puuelementit. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 2020:16. Saatavissa: [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162338/TEM\\_2020\\_16.pdf?sequence=1](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162338/TEM_2020_16.pdf?sequence=1) [viitattu 12.4.2021].

Suomella on hyvät mahdollisuudet kestävä kehityksen mukaiseen ekologiseen jälleenrakentamiseen. 2019. Valtioneuvosto. Hallitusohjelma. Saatavissa: <https://valtioneuvosto.fi/marinin-hallitus/hallitusohjelma/hiilineutraali-ja-luonnon-monimuotoisuuden-turvaava-suomi> [viitattu 4.4.2021].

Taustaa. 2018. Open CO2.net. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.openco2.net/fi/taustaa> [viitattu 4.4.2021].

Toimintamalli. 2017. Elementit-E Oy. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://elementit.fi/toimintamalli/> [viitattu 30.4.2021].

Vares, S. 2018. VTT. Moduulirakentamisen elinkaarenaikainen hiilijalanjälki. Asiakasraportti. Saatavissa: [https://cris.vtt.fi/ws/portalfiles/portal/21269423/VTT\\_CR\\_05695\\_18.pdf](https://cris.vtt.fi/ws/portalfiles/portal/21269423/VTT_CR_05695_18.pdf) [viitattu 19.4.2021].

Viljakainen, M. 2004. Avoin puurakennusjärjestelmä-paikalla rakentaminen. PDF-opas. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/07/suunnitteluperusteetkokoohe-1.pdf> [viitattu 12.4.2021].

VTT arvioi vähähiilisen rakentamisen ohjauskeinojen vaikutuksia – merkittävien päästövähennys saavutettavissa kansallisen raja-arvon asettamisella. 2018. VTT. Lehdistöiedote. Saatavissa: <https://www.vtt.fi/medialle/uutiset/vtt-arvioi->

[v%C3%A4h%C3%A4hiilisen-rakentamisen-ohjauskeinojen-vaikutuksia](#) [viitattu 4.4.2021].

Vähähiilisen rakentamisen pilotointi alkaa. 2019. Ympäristöministeriö. Webinaari. Saatavissa: <https://videonet.fi/ym/20190830/> [viitattu 4.4.2021].

Ympäristöministeriö b. 2019. Johdatus rakennusten elinkaariarviointiin. PDF-tiedosto. Saatavissa: [https://elinkaarilaskenta.fi/wp-content/uploads/sites/6/2019/08/johdatus\\_rakennusten\\_elinkaariarviointiin.pdf](https://elinkaarilaskenta.fi/wp-content/uploads/sites/6/2019/08/johdatus_rakennusten_elinkaariarviointiin.pdf) [Viitattu 4.4.2021].

**Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu**

Luonnos hiilijalanjäljen arvioinnin testausta varten 9.12.2019

Ympäristöministeriö  
Miljöministeriet  
Ministry of the Environment**Yhteenveto**

<b>Lähtötiedot</b>		
Rakennuskohteen tiedot	Kohteen nimi*	Vantaan Sanomalan Paviljonki koulu
	Rakennustunnus	
	Osoite	Sanomatie 1, Vantaa
	Rakennustyyppi	Opetusrakennukset
Rakennuksen tekniset tiedot	Kerrosala [kem <sup>2</sup> ]	1 146
	Lämmitetty nettoala [m <sup>2</sup> <sub>netto</sub> ]*	1 070
	Kerrosten lukumäärä	2
	Kellarikerrosten lukumäärä	
	Pääasiallinen runkomateriaali	Puu
Laskennan tiedot	Energialuokka	B
	Laskenta-ajanjakso*	50
	Arvioinnin tekovaihe	Käyttöönotto
	Käytetty arviointitapa	Yksinkertaistettu
	Rakennuksen arvioitu käyttöönottovuosi*	2020

\*pakollinen tieto

**Arvioinnin tekijät**

	Arvioinnin laatija	Arvioinnin tarkastaja
Nimi	Tiina Taiminen	
Yritys	Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu	
Koulutus	Opiskelija ins. AMK ympäristöteknologia	
Päivämäärä	3.4.2021	

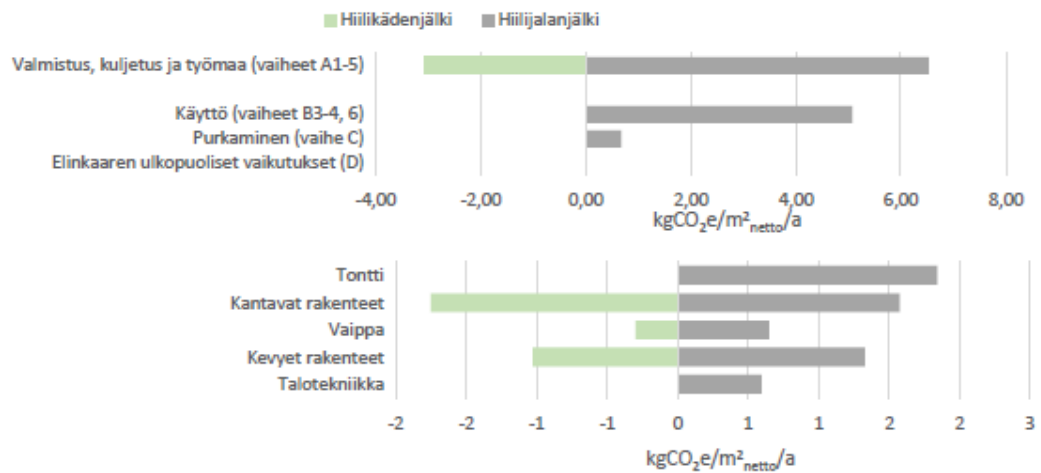


**Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu**  
Luonnon hiilijalanjäljen arvioinnin testausta varten 9.12.2019

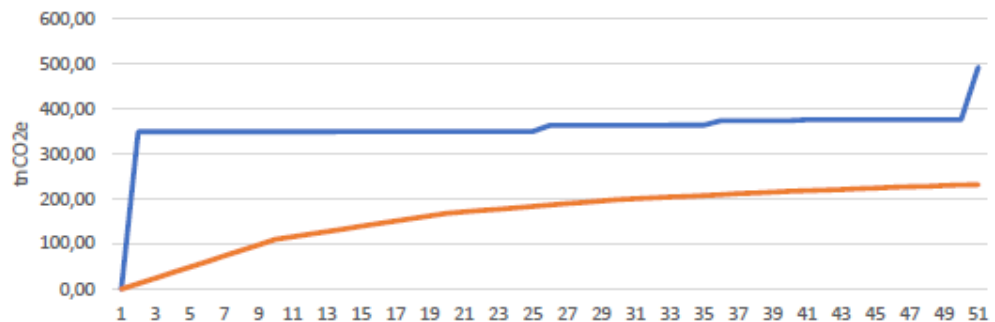


Ympäristöministeriö  
Miljöministeriet  
Ministry of the Environment

Elinkaariarvioinnin tulokset	Hiilijalanjälki	Hiilikädenjälki
	tn CO <sub>2</sub> e	tn CO <sub>2</sub> e
Elinkaaren aikana syntyvät kokonaispäästöt (A-D)	656	-164
	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)	12,27	-3,07
Valmistus, kuljetus ja työmaa (vaiheet A1-5)	6,53	-3,07
Tontti	1,84	
Kantavat rakenteet	1,57	-1,75
Vaippa	0,65	-0,30
Kevyet rakenteet	1,33	-1,03
Talotekniikka	0,60	
Käyttö (vaiheet B3-4, 6)	5,07	
Purkaminen (vaihe C)	0,67	
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 määrät on syötetty. Lisää tarvittaessa rivejä kunkin otsakkeen alle 'Uusaa rivi' -napilla. Jos tarkempi päästötieto jollekin tuotteelle tai materiaalille on olemassa, voit syöttää sen painamalla 'Korvaa taulukkoarvoja tarkemmilla tiedoilla' -napilla.

Littra	Rakennusosa	Materiaalin tyyppi	Materiaali	Määrä	yks	kgCO <sub>2</sub> e	kgCO <sub>2</sub> e	a	kpl	kgCO <sub>2</sub> e
						Hiilijalanjälki	Hiilikädenjälki	Vaihtoväli	Vaihdot	Hiilijalanjälki
<b>Tontti (1.1. Alueosat)</b>										
1	RR-115/6.3/115/8	PIHA JA POHJARAKENTEET	Paalut, teräsputki	26 048	kg	73 976				Ei vaihdeta
2	Paaluhattu 200x200x20	PILARIT JA PALKIT	Pilari, teräspilari (kuumavassatussa levyssä), mitat: 200x200	728	kg	1 980				Ei vaihdeta
3	Paalujen betonityttö	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Valmisbetoni C35 (seossementti)	7 956	kg	1 010				Ei vaihdeta
4	Murskepeti 250 mm	PIHA JA POHJARAKENTEET	Murske, 2/32	227 600	kg	1 337				Ei vaihdeta
5	Salaojasepeli	PIHA JA POHJARAKENTEET	Murske, hieno ja karkea	5 215	kg	60				Ei vaihdeta
6	Suodatinkangas	PIHA JA POHJARAKENTEET	Kultukangas	492	kg	1 118				Ei vaihdeta
7	LECA-sora 200 mm	PIHA JA POHJARAKENTEET	Kevytsora	30 726	kg	14 113				Ei vaihdeta
8	EPS 120 50x50 mm	PIHA JA POHJARAKENTEET	Routaeriste, EPS	1 058	kg	3 532			50	Ei vaihdeta
9	AP2, Murskekerros 200 mm	PIHA JA POHJARAKENTEET	Murske, 2/32	50 240	kg	295				Ei vaihdeta
10	AP2, Suodatinkangas	PIHA JA POHJARAKENTEET	Kultukangas	136	kg	309				Ei vaihdeta
11	AP3, Murskekerros 200 mm	PIHA JA POHJARAKENTEET	Murske, 2/32	8 000	kg	47				Ei vaihdeta
12	AP3, Suodatinkangas	PIHA JA POHJARAKENTEET	Kultukangas	22	kg	50				Ei vaihdeta
13	AP4, Suodatinkangas	PIHA JA POHJARAKENTEET	Kultukangas	14	kg	32				Ei vaihdeta
14	AP4, LECA-sora 500 mm	PIHA JA POHJARAKENTEET	Kevytsora	1 080	kg	496				Ei vaihdeta
<b>Total</b>							<b>98 355</b>			

### Kantavat rakenteet (1.2.1.1-2.3 Talo-osat)

1	HEA160,HEA200,HEA240	PILARIT JA PALKIT	Pilari, teräspilari (kuumavassatussa levyssä), mitat: 160x160	14 567	kg	39 622				Ei vaihdeta
2	Neliotanko P80x80,5	PILARIT JA PALKIT	Pilari, teräspilari (kuumavassatussa levyssä), mitat: 80x80	9 801	kg	26 659				Ei vaihdeta
3	AP1, Lauta 22x100 k300	PILARIT JA PALKIT	Puuranka, sahatavara	1 373	kg	126		-2 128		Ei vaihdeta
4	AP1, KP 45x300	PILARIT JA PALKIT	Palkki tai pilari, kertopuu	11 065	kg	3 137				Ei vaihdeta
5	AP1, Lauta 19x100 k600	PILARIT JA PALKIT	Puuranka, sahatavara	593	kg	55		-919		Ei vaihdeta
6	AP2, Koolaus 48x198/173/148	PILARIT JA PALKIT	Puuranka, sahatavara	3 372	kg	310		-5 227		Ei vaihdeta
7	AP3, Koolaus 48x173 k400	PILARIT JA PALKIT	Puuranka, sahatavara	598	kg	55		-927		Ei vaihdeta
8	AP4, TB-laatta 150 mm	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Betoniteräs	2 790	kg	1 322				Ei vaihdeta
9	US1, Runko 48x245 k600	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	4 592	kg	422		-7 118		Ei vaihdeta
10	US1, Koolaus 19+19 k600	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	1 484	kg	137		-2 300		Ei vaihdeta
11	US1_2 Runko 48x245 k600	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	169	kg	16		-262		Ei vaihdeta
12	US1_2 Koolaus 19+19 k600	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	55	kg	5		-85		Ei vaihdeta
13	US2 Koolaus 19x100 k300	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	228	kg	21		-353		Ei vaihdeta
14	US2 Runko 48x245 k300	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	1 412	kg	130		-2 189		Ei vaihdeta
15	US2 Koolaus 19+19 k600	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	228	kg	21		-353		Ei vaihdeta
16	US3 Runko 48x123 k600	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	134	kg	12		-208		Ei vaihdeta
17	US3 Koolaus 19+19 k600	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	87	kg	8		-135		Ei vaihdeta
18	US5 Runko 48x98 k600	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	794	kg	73		-1 231		Ei vaihdeta
19	US5 Koolaus 19+19 k600	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	641	kg	59		-994		Ei vaihdeta
20	VP1 Lauta 22x100 k300	PILARIT JA PALKIT	Puuranka, sahatavara	1 851	kg	170		-2 869		Ei vaihdeta
21	VP1 KP 51x400 k400	PILARIT JA PALKIT	Palkki tai pilari, kertopuu	17 402	kg	4 933				Ei vaihdeta
22	VP1 Lauta 25x100 k-2000	PILARIT JA PALKIT	Puuranka, sahatavara	316	kg	29		-490		Ei vaihdeta
23	VP1 KP51x200	PILARIT JA PALKIT	Palkki tai pilari, kertopuu	5 112	kg	1 449				Ei vaihdeta
24	VP1 Palkki 48x198 k600	PILARIT JA PALKIT	Palkki tai pilari, puu	941	kg	87		-1 459		Ei vaihdeta
25	VP1 Koolaus 25x100 k400	PILARIT JA PALKIT	Palkki tai pilari, puu	1 578	kg	145		-2 446		Ei vaihdeta
26	VP2 0,048x173/198 k400	PILARIT JA PALKIT	Palkki tai pilari, puu	17 972	kg	1 653		-27 857		Ei vaihdeta
27	YP1 NR-ristikot	PILARIT JA PALKIT	Puuranka, sahatavara	7 711	kg	709		-11 952		Ei vaihdeta
28	YP1 Koolaus 25x100 k400	PILARIT JA PALKIT	Puuranka, sahatavara	1 169	kg	108		-1 812		Ei vaihdeta
29	YP1 KP75x200/240/360	PILARIT JA PALKIT	Palkki tai pilari, kertopuu	1 394	kg	395				Ei vaihdeta
30	YP2 Palkisto 48x198	PILARIT JA PALKIT	Palkki tai pilari, puu	2 333	kg	215		-3 616		Ei vaihdeta
31	Katosten LP-pilarit 140x225	PILARIT JA PALKIT	Palkki tai pilari, liimapuu	2 697	kg	961		-4 369		Ei vaihdeta
32	Katosten LP-palkit 140x225/315/360	PILARIT JA PALKIT	Palkki tai pilari, liimapuu	1 674	kg	597		-2 712		Ei vaihdeta
33	VS3 Runko 48x123 k600	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	1 519	kg	140		-2 354		Ei vaihdeta
34	VS5 Runko 48x148/173 k600	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	3 418	kg	314		-5 298		Ei vaihdeta
35	VS6 Runko 48x123/45x66 k600	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	441	kg	41		-684		Ei vaihdeta
36	VS7 Runko 48x173 k600	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	349	kg	32		-541		Ei vaihdeta
37	VS8 Runko 48x123 k600	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	445	kg	41		-690		Ei vaihdeta
<b>Total</b>							<b>84 209</b>	<b>-93 576</b>		

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

1	US1, Höyrynsulkumuovi 0,2 mm	KOSTEUSERISTE	Kosteussulku	77	kg	231				Ei vaihdeta
2	US1, Mineraalivilla 250 mm	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, vuorvilla	3 682	kg	3 778				Ei vaihdeta
3	US1, Julkisivuverhouk UTS 145x28 mm	ULKOVERHOILU	puu	5 303	kg	464		-8 220	50	Ei vaihdeta
4	US1_2 Höyrynsulkumuovi 0,2 mm	KOSTEUSERISTE	Kosteussulku	2	kg	6				Ei vaihdeta
5	US1_2 Mineraalivilla 250 mm	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, vuorvilla	119	kg	122				Ei vaihdeta

6	US2 Höyrynsulkumuovi 0,2 mm	KOSTEUSERISTE	Kosteussulku	14 kg	42			Ei vaihdeta	
7	US2 Mineraalivilla 250 mm	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, vuorivilla	654 kg	671			Ei vaihdeta	
8	US2 Julkisivuverho US 145x28 mm	ULKOVERHOILU	puu	942 kg	82	-1 460	50		
9	US3 Julkisivuverho US 145x28	ULKOVERHOILU	puu	340 kg	30	-527	50		
10	US5 Julkisivuverho US145x28	ULKOVERHOILU	puu	1 676 kg	147	-2 598	50		
11	VP1 Mineraalivilla 300 mm	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, vuorivilla	5 891 kg	6 044			Ei vaihdeta	
12	VP1 Palosuojavilla 100 mm	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, vuorivilla	1 010 kg	1 036			Ei vaihdeta	
13	VP1 Mineraalivilla 100 mm	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, vuorivilla	1 964 kg	2 015			Ei vaihdeta	
14	VP1 Rakennuspaperi	KOSTEUSERISTE	Kosteussulku	90 kg	270			Ei vaihdeta	
15	VP2 Terassilauta 28 mm	ULKOVERHOILU	puu, lämpökäs.	1 978 kg	242	-3 066	50		
16	YP1 Bitumikermi 3+4 mm	KATTEET	bitumikermi, pinta + 2 alus, 13,3 kg/m2	642 m2	8 107		35	1 8 107	
17	YP1 Palosuojavilla 100 mm	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, lasivilla	1 010 kg	1 545			Ei vaihdeta	
18	YP1 Mineraalivilla 360 mm	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, vuorivilla	7 069 kg	7 253			Ei vaihdeta	
19	YP1 Höyrynsulkumuovi 0,2 mm	KOSTEUSERISTE	Kosteussulku	102 kg	306			Ei vaihdeta	
20	YP2 Bitumikermi 2+4 mm	KATTEET	bitumikermi, pinta + 2 alus, 13,3 kg/m2	184 m2	2 323		35	1 2 323	
<b>Total</b>									
						34 714	-15 870	10 430	
<b>Kevyet rakenteet (1.3 Tila-osat)</b>									
1	AP1, Havuvaneri 21 mm	LEVYT	vaneri	5 301 kg	1 502	-8 694	50		
2	AP1, Mineraalivilla 200 mm	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, vuorivilla	3 927 kg	4 029			Ei vaihdeta	
3	AP1, Palosuojavilla 100 mm	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, lasivilla	1 010 kg	1 545			Ei vaihdeta	
4	AP1, Tuulensuojalevy 9 mm	LEVYT	kuitutuulensuoja	3 686 kg	1 685	-5 640	50		
5	AP2, Terassilauta 28 mm	ULKOVERHOILU	puu, lämpökäs.	1 978 kg	242	-3 066	50		
6	AP3, Terassilauta	ULKOVERHOILU	puu, lämpökäs.	315 kg	38	-488	50		
7	AP3, 2xLUJA 12 mm	LEVYT	kuitusementti	690 kg	488		50		
8	US1, EK kipsilevy 13 mm	LEVYT	kipsilevy	3 994 kg	1 674		50		
9	US1, Havuvaneri 12 mm	LEVYT	vaneri	2 273 kg	644	-3 728	50		
10	US1, Tuulensuojakipsilevy 9 mm	LEVYT	kipsilevy	2 765 kg	1 159		50		
11	US1_2 EK kipsilevy 2x13 mm	LEVYT	kipsilevy	258 kg	108		50		
12	US1_2 GN kipsilevy 13 mm	LEVYT	kipsilevy	129 kg	54		50		
13	US1_2 Tuulensuojakipsilevy 9 mm	LEVYT	kipsilevy	89 kg	37		50		
14	US1_2 Julkisivuverho Kuitusementtilevy	LEVYT	kuitusementti	174 kg	123		50		
15	US2 Märkätilalevy	LEVYT	kuitusementti	1 075 kg	760		50		
16	US2 Kipsilevy 13 mm	LEVYT	kipsilevy	710 kg	298		50		
17	US2 Havuvaneri 12 mm	LEVYT	vaneri	404 kg	114	-663	50		
18	US2 Tuulensuojakipsilevy 9 mm	LEVYT	kipsilevy	491 kg	206		50		
19	US3 2xLUJA 12 mm	LEVYT	kuitusementti	745 kg	526		50		
20	US3 Tuulensuojakipsilevy 9 mm	LEVYT	kipsilevy	177 kg	74		50		
21	US5 LUJA A 12 mm	LEVYT	kuitusementti	1 835 kg	1 297		50		
22	VP1 Lastulevy 22 mm	LEVYT	lastulevy	7 565 kg	4 642	-8 019	50		
23	VP1 Vaneri 21 mm märkätiloissa	LEVYT	vaneri	144 kg	41	-236	50		
24	VP1 Vaneri 9 mm	LEVYT	vaneri	2 272 kg	644	-3 726	50		
25	VP1 Kipsilevy 2x13 mm	LEVYT	kipsilevy	10 648 kg	4 462		50		
26	VP2 2xLUJA 12mm	LEVYT	kuitusementti	4 333 kg	3 062		50		
27	YP1 Vesikattovaneri 15 mm	LEVYT	vaneri	4 333 kg	1 228	-7 106	50		
28	YP1 Kipsilevy 2x13 mm	LEVYT	kipsilevy	10 648 kg	4 462		50		
29	YP2 Vesikattovaneri 15 mm	LEVYT	vaneri	1 242 kg	352	-2 037	50		
30	YP2 2xLUJA 12 mm	LEVYT	kuitusementti	5 078 kg	3 588		50		
31	V51 EK kipsilevy 13 mm	LEVYT	kipsilevy	1 901 kg	797		50		
32	V51 Havuvaneri 12 mm	LEVYT	vaneri	1 082 kg	307	-1 774	50		
33	V51 Runko 45x66 k600	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	967 kg	89	-1 499		Ei vaihdeta	
34	V51 Mineraalivilla 70 mm	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, vuorivilla	491 kg	504			Ei vaihdeta	
35	V51 Tuulensuojapaperi	KOSTEUSERISTE	Kosteussulku	32 kg	96			Ei vaihdeta	
36	V52 EK kipsilevy 13 mm	LEVYT	kipsilevy	1 095 kg	459		50		
37	V52 Kipsilevy 13 mm	LEVYT	kipsilevy	1 095 kg	459		50		
38	V52 Runko 48x98 k600	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	235 kg	22	-364		Ei vaihdeta	
39	V52 Mineraalivilla 70 mm	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, vuorivilla	141 kg	145			Ei vaihdeta	
40	V53 EK kipsilevy 13 mm	LEVYT	kipsilevy	3 016 kg	1 264		50		
41	V53 Havuvaneri 12 mm	LEVYT	vaneri	1 716 kg	486	-2 814	50		
42	V53 Mineraalivilla 125 mm	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, vuorivilla	1 319 kg	1 353			Ei vaihdeta	
43	V53 Tuulensuojapaperi	KOSTEUSERISTE	Kosteussulku	51 kg	153			Ei vaihdeta	
44	V54 EK kipsilevy 13 mm	LEVYT	kipsilevy	3 391 kg	1 421		50		
45	V54 Runko 45x66 k600	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	475 kg	44	-736		Ei vaihdeta	
46	V54 Mineraalivilla 50 mm	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, vuorivilla	313 kg	321			Ei vaihdeta	
47	V55 EK kipsilevy 13 mm	LEVYT	kipsilevy	3 492 kg	1 463		50		
48	V55 Havuvaneri 12 mm	LEVYT	vaneri	1 987 kg	563	-3 259	50		
49	V55 Mineraalivilla 150/175 mm	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, vuorivilla	2 093 kg	2 147			Ei vaihdeta	
50	V55 Tuulensuojapaperi	KOSTEUSERISTE	Kosteussulku	59 kg	177			Ei vaihdeta	
51	V56 EK kipsilevy 13 mm	LEVYT	kipsilevy	1 166 kg	489		50		
52	V56 Havuvaneri 12 mm	LEVYT	vaneri	664 kg	188	-1 089	50		
53	V56 Mineraalivilla 125/70 mm	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, vuorivilla	419 kg	430			Ei vaihdeta	

## Liite 5/1

54	V56 Tuulensuojapaperi	KOSTEUSERISTE	Kosteussulku	20 kg	60		Ei vaihdeta		
55	V57 EK kipsilevy 13 mm	LEVYT	kipsilevy	463 kg	194		50		
56	V57 Kipsilevy 13 mm	LEVYT	kipsilevy	463 kg	194		50		
57	V57 Mineraalvilla 175 mm	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, vuorivilla	149 kg	153		Ei vaihdeta		
58	V58 EK kipsilevy 13 mm	LEVYT	kipsilevy	1 153 kg	483		50		
59	V58 Kipsilevy 13 mm	LEVYT	kipsilevy	1 153 kg	483		50		
60	V58 Mineraalvilla 125 mm	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, vuorivilla	266 kg	273		Ei vaihdeta		
61	Ikkunat	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	Ikkunat, Puu-alumiini-ikkuna, sisältää myös lasit	91 m2	10 384		50		
62	Sisäikkunat	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	Ikkunat, Puuikkuna, sisältää myös lasit	3 m2	262		50		
63	Ulko-ovet	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	Ovi, uiko, puu	24 m2	1 465		40	1	1 465
64	Sisäovet	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	Ovi, sisä	128 m2	4 457		50		
65	Bitumikaista	KATTEET	aluskermi, 2,4 kg/m2	7 m2	37		25	1	37
<b>Total</b>						<b>70 904</b>	<b>-54 938</b>		<b>1 502</b>
<b>Talotekniikka (2.1-2.4 Tekniikkaosat)</b>									
1		TALOTEKNIIKAN KOKONAISPÄÄSTÖT	Lämmönjakokeskus	1 070 m2	567		Ei vaihdeta		
2		TALOTEKNIIKAN KOKONAISPÄÄSTÖT	Patteriverkosto	1 070 m2	7 137		50		
3		TALOTEKNIIKAN KOKONAISPÄÄSTÖT	Vesijohtojärjestelmä	1 070 m2	2 889		50		
4		TALOTEKNIIKAN KOKONAISPÄÄSTÖT	Viemäriputkisto	1 070 m2	556		50		
5		TALOTEKNIIKAN KOKONAISPÄÄSTÖT	Sähköasennukset ja kaapeloinnit	1 070 m2	5 650		25	1	5 650
6		TALOTEKNIIKAN KOKONAISPÄÄSTÖT	Ilmanvaihtojärjestelmä (huoneistokohtaiset koneet, kanavisto ja päätelaitteet)	1 070 m2	7 458		25	1	7 458
7		HISSIT	Hissi	1 kpl	7 585		50		
<b>Total</b>					<b>31 842</b>				<b>13 108</b>
<b>Kaikki materiaalit yhteensä</b>					<b>320 024</b>	<b>-164 384</b>		<b>25 040</b>	
					Hiihlalanjalki	Hiihkädenjalki		Vaihtojen hiihlalanjalki	

