



samk



Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Satakunta University of Applied Sciences

SANNA LINDGREN

# **Pientalon hiilijalanjälki ja rakennusjäte**

RAKENNUS- JA YHDYSKUNTATEKNIIKAN KOULUTUS-  
OHJELMA  
2020

Tämän opinnäytetyön tilaaja ja rahoittaja on:

CIRCWASTE – Kohti kiertotaloutta -hankkeen osahanke, Resurssitehokas rakentaminen ja asuminen Porin seudulla.

Porin kaupunki, osarahoittajana, toteuttaa Suomen ympäristökeskuksen koordinoimaa ja EU:n LIFE-ohjelman rahoittamaa kiertotalouden hanketta.



Circwaste-hanke saa EU:lta rahoitusta, jolla hankkeen materiaalit on tuotettu. Materiaaleissa esitetty sisältö edustaa kuitenkin ainoastaan hankkeen omia näkemyksiä, joista EU:n komissio ei ole vastuussa.

Tekijä(t) Lindgren Sanna	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä kesäkuu 2020
	Sivumäärä 72 + 10 liitettä	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi <b>Pientalon hiilijalanjälki ja rakennusjäte</b>		
Tutkinto-ohjelma Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma, LVI-tekniikka		
<p>Opinnäytetyön tilaaja on EU-rahoitteen CIRCWASTE – Kohti kiertotaloutta -hankkeen osahanke, Resurssitehokas rakentaminen ja asuminen Porin seudulla.</p> <p>Tavoitteena oli laskea pientalon hiilijalanjälki. Lisäksi tarkoituksena oli tutkia, millä toimin rakennuksen energiatehokkuusluokka saataisiin nostettua A-energiatehokkuusluokkaan ja miten sen saavuttaminen vaikuttaa rakennuksen hiilijalanjälkeen sekä minkälaisia kustannuksia siitä syntyy. Opinnäytetyön tavoitteena oli myös tutkia, millä tavoin syntypaikkalajittelu onnistuu pientalon rakentamishankkeen aikana ja voidaanko rakennusjätteen käsittelyssä saavuttaa 70 % kierrätysaste.</p> <p>Hiilijalanjälki laskettiin rakennuksen lupavaiheen piirustusten mukaan. Laskennan apuna käytettiin arviointityökalun kahta eri versiota. Arviointityökalut pohjautuvat ympäristöministeriön julkaiseman arviointimenetelmän ensimmäiseen, vuonna 2018 julkaistuun ja elokuussa 2019 päivitettyyn versioon. E-luvun tarkastelu tehtiin sovelluksella, jonka avulla pystyttiin vertailemaan erilaisten muutosten vaikutusta energiatehokkuusluokkaan. Jätteiden määrää arvioitiin ja siitä tehtiin johtopäätöksiä jätehuoltoyhtiön tarjoamasta palvelusta löytyvän datan avulla sekä haastattelemalla rakennuttajaa ja urakoitsijaa sekä havainnoimalla itse työmaan toimintoja.</p> <p>Tuloksina saatiin laskennallinen rakennuksen hiilijalanjälki sekä materiaalin osalta että käytön ajalta. Tulosten perusteella pystyttiin vertailemaan energiatehokkuusluokan muutosten vaikutuksia käytön aikaiseen hiilijalanjälkeen ja havainnoimaan ne asiat, jotka vaikuttavat vahvimmin rakentamisen hiilijalanjälkeen. E-luku saatiin nostettua A-luokkaan yksinkertaisin ja toteutettavissa olevin toimin.</p> <p>Rakennusjätteiden seurannassa todettiin jätteen vähentämisen ja kierrätyksen tarvetta niin kipsilevyn, maa- ja kiviaineksen kuin erityisesti pakkausmateriaalin kohdalla.</p>		
<u>Asiasanat</u> Hiilijalanjälki, Materiaalivirrat, Energiatehokkuus, Rakentaminen, Rakennusjätteet		

Author(s) Lindgren Sanna	Type of Publication Bachelor's thesis	Date June 2020
	Number of pages 72 + 10 appendices	Language of publication: Finnish
Title of publication <b>Carbon footprint and construction waste of a detached house</b>		
Degree program Construction and civil engineering, HVAC engineering		
<p>The orderer of this thesis is a subproject of the EU-funded CIRCWASTE — Towards a Circular Economy -project, Resource-efficient construction, and housing in the Pori region.</p> <p>The goal of this thesis was to calculate the carbon footprint of a detached house. In addition, the goal was to examine how to increase the energy efficiency class of the building to the “A” energy efficiency class and how the achievement of the “A” energy efficiency class affects the carbon footprint and what kind of expenses there may be. The aim was also to examine the ways in which birth-site separation is successful during the construction project and whether the recycling rate of 70 % can be achieved in the treatment of construction waste.</p> <p>The carbon footprint was calculated according to the drawings of the building's permit phase. Two versions of the calculation tool, published by the Ministry of Environment in 2018, and updated in 2019, were used to aid the calculation. The calculation was carried out in accordance with the evaluation method published by the Ministry of the Environment. The review of the E number was carried out with an application, which helped compare the impact of the changes. The amount of waste was examined and drawn to conclusions by means of the service provided by the waste management company, observing the site and by interviewing the developer and the contractor.</p> <p>The outcome of this study was the calculated footprint of a detached house, from emissions of the materials and the period of use. It was possible to compare the influence of changes in the energy efficiency class with the carbon footprint of use and to assess the issues that affect the carbon footprint of construction most strongly. The E number was increased to Class A by simple and feasible actions in a fairly cost-effective way. The monitoring of construction waste identified the need for waste reduction and recycling of plasterboard, soil- and aggregate and particularly the packing materials.</p>		
<p><u><a href="#">Key words</a></u>  Carbon footprint, Energy efficiency, Material currents, Construction, Construction waste</p>		

# SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	7
2 RAKENTAMISEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET JA NIIDEN OHJAUS .....	10
2.1 Rakennuksen energiatehokkuus .....	11
2.1.1 Laskennallinen energiatehokkuus .....	11
2.1.2 Rakenteellinen energiatehokkuus.....	12
2.2 Vähähiilinen rakentaminen .....	13
2.2.1 Hiilijalanjäljen arviointimenetelmä.....	15
2.2.2 Hiilijalanjäljen ja hiilikädenjäljen arviointi .....	17
2.2.3 Yksinkertaistettu ja tarkennettu menetelmä.....	19
2.2.4 Rakennuksen hiilijalanjäljen arviointityökalut .....	19
2.3 Rakennusjätteet .....	22
2.3.1 Rakennusmateriaalien kierrätys ja materiaalihyödyntäminen .....	23
3 TUTKIMUSMENETELMÄT JA TIEDON HANKINTA .....	25
3.1 Tutkimusmenetelmät ja niiden soveltuvuus.....	25
3.2 Tutkimusmenetelmien luotettavuus .....	26
4 PILOTTIKOHTTEEN ESITTELY .....	28
4.1 Rakenteiden kuvaus .....	29
4.2 Talotekniikka .....	37
5 E-LUVUN LASKENTA JA TULOKSET.....	39
5.1 Kohteen laskennallisen energiatehokkuuden ja E-luku tavoitteen kuvaaminen .....	39
5.2 E-luvun laskennan tulokset .....	39
6 PILOTTIKOHTTEEN HIILIJALANJÄLJEN LASKENTA .....	41
6.1 Laskennan oletukset ja rajaukset.....	41
6.2 Laskennan toteutus ja haasteet .....	41
6.3 Laskentatyökalujen arviointi.....	43
6.4 Ostoenergian hiilijalanjälki .....	44
6.5 Hiilijalanjälkilaskennan tulokset.....	45
6.5.1 Laskennan tulokset vanhalla arviointityökalulla.....	45
6.5.2 Laskennan tulokset päivitetyllä arviointityökalulla .....	46
6.5.3 Arviointityökalun ensimmäisen ja päivitetyn version vertailu .....	47
6.5.4 Hiilikädenjälki.....	50
6.5.5 A-energiatehokkuusluokan saavuttamisen vaikutukset hiilijalanjälkeen .	50
6.5.6 Rakennusjätteen hiilijalanjälki .....	51
7 RAKENTAMISEN JÄTTEIDEN SEURANTA.....	53

7.1 Syntypaikkalajittelu .....	53
7.2 Rakennusjätteen hyödyntäminen .....	56
7.3 Rakennusjätteen määrät ja loppusijoitus .....	56
7.4 Jätteiden lajittelun kustannukset .....	58
7.5 Rakennusjätteen määrä ja kierrätyksen tavoitteiden saavuttaminen .....	60
8 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	64
LÄHTEET	
LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

Kasvihuoneilmiö on ilmakehässä tapahtuva luonnollinen, nykyisenkaltaisen elämän mahdollistava asia. Ilmakehän sisältämät kaasut luovat osaltaan elämälle suotuisat olosuhteet maapallolla. Ilmakehä sisältää hapen (O) ja typen (N) lisäksi useita kasvihuonekaasuja, kuten hiilidioksidia (CO<sub>2</sub>), metaania (CH<sub>4</sub>), vesihöyryä (H<sub>2</sub>O), dityppioksidia (N<sub>2</sub>O) ja otsonia (O<sub>3</sub>). Näistä kaasuista otsonin tehtävä on ehkäistä liiallista auringon säteilyä. Muiden kaasujen tarkoituksena on sitoa lämpöä ja ylläpitää elämiseen riittävää lämpötilaa maapallolla, joista vesihöyryllä on luonnollisessa kasvihuoneilmiössä suurin vaikutus. Ihmisen tuottamista kasvihuonekaasuista hiilidioksidi on kuitenkin merkittävin. (Ilmasto-opas [www-sivut](http://www.sivut) 2020.)

Ihmisen toiminta, erityisesti fossiilisten energialähteiden käyttö aiheuttaa kasvihuonekaasupäästöjä, jolloin kaasujen pitoisuudet ilmakehässä kasvavat. Kasvihuonekaasupäästöjen pitoisuuden suureneminen ilmakehässä kiihdyttää kasvihuoneilmiötä, jolloin maapallon ilmasto lämpenee. Lämpötilan nousu aiheuttaa monenlaisia lieveilmiöitä, kuten erilaisia ääri-ilmiöitä säässä, kuivuutta, tulvia ja hirmumyrskyjä. Ilmaston lämpeneminen kiihdyttää myös luonnollista kasvihuoneilmiötä, koska ilman lämmetessä vesistöistä nousee ilmakehään yhä enemmän vesihöyryä.

”Maailmanlaajuisesti rakennettu ympäristö aiheuttaa noin 30 % kasvihuonekaasupäästöistä, 40 % primäärienergiankulutuksesta ja 50 % raaka-aineiden kulutuksesta” (Huttunen, E. 2018). Rakennetun ympäristön ja asumisen aiheuttamia kasvihuonekaasupäästöjä on mahdollista vähentää ja näin osaltaan ehkäistä kasvihuoneilmiön vahvistumista ja ilmaston muutosta. Rakentamisessa ja asumisessa voidaan hiilidioksidipäästöihin vaikuttaa niin rakennusmateriaalien kuin energiatehokkuudenkin avulla. Rakennusjätteiden uudelleenkäytöllä ja kierrättämisellä voidaan vähentää hiilidioksidipäästöjä, kun jätettä ei tarvitse kuljettaa ja käsitellä jätteenkäsittelylaitoksella. Kierrätettynä jäte korvaa neitseellisen raaka-aineen, jolloin tuotteen valmistukseen kuluu yleensä vähemmän energiaa.

Ympäristöministeriön suunnitelman mukaan rakentamisen hiilijalanjälkeä ohjataan asetuksin vuoteen 2025 mennessä. Ympäristöministeriö laati luonnoksen rakennuksen hiilijalanjäljen arviointimenetelmästä vuoden 2018 lopulla. Julkaistun arviointimenetelmäluonnoksen käytöstä pyydettiin lausuntoja ja ympäristöministeriö päivitti menetelmää, joka julkaistiin 30.8.2019, jolloin myös arviointimenetelmän yhteydessä julkaistu arviointityökalu päivitettiin. Vuoden 2020 jätelaissa otettiin käyttöön asetus, joka ohjaa hyödyntämään 70% rakennusjätteestä materiaalina. Rakennusmateriaalien hiilijalanjälki, energiatehokkuuden tehostaminen, rakennuksen käytön aikaiset toimet ja koko elinkaaren huomioiminen rakentamisessa, ovat keinoja, joilla pystytään vaikuttamaan rakentamisen hiilijalanjälkeen ja pienentämään rakentamisen koko elinkaaren aikaisia kasvihuonekaasupäästöjä.

Tämän opinnäytetyön tilaajana on EU-rahoitteen CIRCWASTE – Kohti kiertotaloutta -hankkeen osahanke, Resurssitehokas rakentaminen ja asuminen Porin seudulla. Opinnäytetyön tavoitteena oli laskea Poriin rakennettavan pientalokohteen hiilijalanjälki. Opinnäytetyössä hiilijalanjäljen laskemisen lisäksi myös testattiin arviointityökalun kahta eri versiota ja vertailtiin niiden käyttökokemuksia sekä tuloksia. Tavoitteena oli myös kerätä todellista tietoa materiaalivirroista ja tutkia, toteutuuko rakennusjätteen 70 % hyötykäyttöaste. Lisäksi tavoitteena oli tutkia rakennuksen laskennallista E-lukua ja pohtia, millaisin toimin ja kustannuksin rakennuksen E-luku saataisiin nostettua A-luokkaan ja vaikuttavatko muutokset hiilijalanjälkeen.

Tämän opinnäytetyön toisessa luvussa avataan rakentamisen ympäristövaikutuksia, ohjausta ja lainsäädäntöä. Luvussa käydään läpi, miten ympäristöministeriö on suunnitelmassa ryhtynyt arvioimaan rakentamisen hiilijalanjälkeä. Lisäksi luvussa avataan rakentamisen energiatehokkuutta ja jätteitä käsittelevää lainsäädäntöä. Seuraavassa luvussa esitellään tässä opinnäytetyössä käytetyt tutkimus- ja tiedonhankintamenetelmät sekä arvioidaan miten menetelmät soveltuvat juuri tämän opinnäytetyön aiheiden tutkimiseen ja kuinka luotettavia menetelmät ovat. Luvussa neljä esitellään tämän opinnäytetyön tutkimuksen kohteena ollut pilottikohte, luvussa käydään läpi keskeisimmät rakenteet ja talotekniikka. Seuraavassa luvussa syvennyttään pilottikohteen energiatehokkuuteen sekä esitellään E-luvun laskennan tulokset. Luvussa kuusi käydään läpi, miten rakentamisen hiilijalanjälkilaskenta eteni, minkälaisia huomioita laskennassa havaittiin sekä laskennan tulokset. Seuraavassa luvussa käsitellään rakennushankkeen



aikaisen jätteiden lajittelun sujuvuutta ja analysoidaan rakentamisen jätteestä kerättyä dataa. Luvussa kahdeksan on kerrottu tutkimuksen tuloksista tehdyt johtopäätökset sekä havaitut tarpeet jatkotutkimukselle ja kehitystyölle.

## 2 RAKENTAMISEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET JA NIIDEN OHJAAUS

Rakentamisen ympäristövaikutusten ohjausta on suunnitelmissa toteuttaa yhä moninaisimmin keinoin. Erilaisilla säädöksillä sekä muulla ohjauksella on suuri vaikutus rakentamisen ympäristövaikutuksiin. Vastuullinen ja kestävä rakentaminen ottaa huomioon rakennuksen vaikutukset koko elinkaaren ajalta. Elinkaariarviointi on menetelmä, joka sopii tuotteen tai palvelun elinkaaren aiheuttamien ympäristövaikutusten määrittämiseen. Elinkaariarvioinnissa tarkastellaan, miten rakennus koko elinkaarensa aikana kuluttaa luonnonvaroja ja aiheuttaa päästöjä, näiden kuvaamiseen käytetään erilaisia indikaattoreita. Tällaisia indikaattoreita ovat muun muassa Otsonikatopotentiaali, happamoitumispotentiaali, rehevöitymispotentiaali ja käytetyimpänä näistä ilmaston lämpenemispotentiaali (GWP) eli hiilijalanjälki. (Ympäristöministeriö 2019, 7.)

Elinkaariarviointi perustuu standardiin EN 15978 Sustainability of Construction works. Assessment of the environmental performance of buildings. Calculation method (Ympäristöministeriö 2019, 18). Täydellisenä se sisältää yhdeksän eri vaihetta, 1. Materiaalin hankinta luonnosta; 2. Materiaalien prosessointi ja kuljetus; 3. Tuotteen valmistus; 4. Jakelu; 5. Käyttö; 6. Uudelleenkäyttö; 7. Huolto; 8. Kierrätys ja 9. Hylkääminen. (Nissinen. 2013.) Rakennuksen elinkaareen perustuva arviointi pohjautuu ISO 14040:2006 Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework -sarjan standardeihin, jotka perustuvat kestävän kehityksen periaatteen 13, ilmastotekojä, tavoitteeseen (Rakennusteollisuus [www-sivut 2020](http://www-sivut 2020); ISO.org [www-sivut 2020](http://www-sivut 2020)). ISO 14040-sarjan standardit ovat luotu helpottamaan elinkaariarviointia, ja sitä voidaan käyttää sekä yksityiskohtaisempaan arviointiin. Arviointi voidaan myös kohdistaa johonkin tiettyyn päästöön, esimerkiksi elinkaaren aikaisiin hiilidioksidipäästöihin. (Ympäristö.fi [www-sivut 2020](http://www-sivut 2020).)

Rakentamisen laatuun kuuluu niin turvallisuus, terveellisyys ja viihtyisyys kuin ekologisuus ja energiatehokkuus. Vastuullinen rakentaminen huomioi rakentamisen ja rakennuksen käytön lisäksi sen, mitä rakennukselle tapahtuu käytön jälkeen ja minkälaisia vaikutuksia rakennuksen korjaamisella ja purkamisella on.

## 2.1 Rakennuksen energiatehokkuus

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuudesta tuli voimaan 1.1.2018. Asetus koskee uuden, kerrosalaltaan yli 50m<sup>2</sup> rakennuksen suunnittelua, rakentamista sekä laajennusta. Alle 50 m<sup>2</sup> laajennusta asetus koskee silloin, kun rakennus laajennuksineen ylittää kerrosalaltaan 50m<sup>2</sup>. (Asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017, luku 1 1§.) Rakennuksen tulee täyttää lain mukaiset energiatehokkuuden vähimmäisvaatimukset. Rakennuksen laskennallisen energiatehokkuuden vertailuluvun eli E-luvun on oltava asetusten mukainen tai vastaavasti rakennuksen tulee täyttää rakenteellisen energiatehokkuuden vaatimukset. (Asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017, luku 1 3§.)

Suunnitteluvaiheessa rakennuksesta on laadittava energiaselvitys, josta ilmenee rakennuksen E-luku tai vaihtoehtoisesti se, että rakennus täyttää rakenteellisen energiatehokkuuden määritelmät. Lisäksi energiaselvityksestä tulee ilmetä laskennallinen kesäaikainen huonelämpötila sekä energiatodistus, jos lainsäädäntö sitä rakennukselta vaatii. (Asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017, luku 4 34§.) Energiatodistuksessa rakennuksen tiiveys ilmoitetaan 4 m<sup>3</sup>/(h m<sup>2</sup>). Kyseistä arvoa käytetään energiatodistusta laadittaessa silloin, kun tiiveysmittausta ei rakennukseen ole tehty tai ilmanpitävyyttä ei ole osoittanut talonrakennuksen laadunvarmistusmenettelyllä (Ympäristöministeriö 2017, 9) Uudisrakennuksen määräysten suositusarvona pidetään kuitenkin ilmapuotolukua 1 tai alle. (Rakennustieto 2013, 156.)

### 2.1.1 Laskennallinen energiatehokkuus

E-luku kuvaa rakennuksen laskennallista energiatehokkuutta, jossa laskennallinen osastoenergiankulutus vuodessa lämmitettyä nettoalaa kohden on painotettu energiamuotojen kertoimilla. Lämmitetyllä nettoalalla tarkoitetaan lämmitettyä kerrostasoa, joka rajoittuu ulkoseinien sisäpintaan. Lämmitettyyn nettoalaan lasketaan mukaan kaikki puolilämpimät tilat ja ne huomioidaan laskennassa samoin kuin lämpimät tilat. Tarkastelussa ei huomioida lämmittämättömiä tiloja eikä rakennuksen sisällä tai sen yhteydessä sijaitsevaa moottoriajoneuvoille tarkoitettua suojaa. Rakennuksen laskennallisen energiankulutuksen vertailuluku lasketaan kaavalla

$$E = \frac{fkaukolämpöQkaukolämpö + fkaukojäähdytysQkaukojäähdyty + \sum_i fpolttoaine,i Qpolttoaine,i + fsähköW_sähkö}{A_{netto}}$$

jossa

$f$  = kunkin lämmitysmuodon sekä jäähdytyksen energiakerroin.

$Q$  = kunkin lämmitysmuodon sekä jäähdytyksen vuotuinen kulutus.

$A_{netto}$  = rakennuksen lämmitetty nettoala, joka kuvaa lämmitettyjen kerrostasojen ulkoseinien sisäpintojen mukaan yhteenlaskettua pinta-alaa. (Asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017, 2 luku, 7§.)

Rakennukset ovat jaettu yhdeksään eri luokkaan käyttötarkoituksensa perusteella. Eri käyttötarkoituseroille on määritelty E-luvun raja-arvot. E-luku ilmoitetaan yksikössä kWh<sub>E</sub>/m<sup>2</sup>. (Asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017, 2 luku 4§.)

Rakennuksen laskennallinen ostoenergiankulutuksen laskenta perustuu vakioituun käyttöön, joka on asetuksessa määritelty. Laskennallinen ostoenergiankulutus koostuu energiamuodoittain eritellystä energiankulutuksesta, jossa huomioidaan rakennuksen lämmitys-, ilmanvaihto-, ja jäähdytysjärjestelmien sekä apulaitteiden, kuluttajalaitteiden ja valaistuksen osuus. Tästä vähennetään rakennuksessa, rakennuksen omilla laitteilla ympäristöstä tuotettu energia, jos sitä on käytetty kattamaan rakennuksen vakioituun käyttöön perustuvaa energiankulutusta. Jos omalla laitteistolla katettava energiankulutus on hankittu ympäristössä olevasta energiasta, on siitä saatu hyöty laskettava kuukausittain tai sitä lyhemmissä sykleissä. (Asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017, 2 luku 6§.) Varaavan takan sekä ilma-ilmalämpöpumpun tuottamaksi lämmitysenergiaksi rakennuksessa voidaan laskea enintään 3000 kWh, nämä voidaan tarpeen mukaan jättää myös huomioimatta laskennassa (Asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017, 2 luku 19§).

### 2.1.2 Rakenteellinen energiatehokkuus

Rakenteellinen energiatehokkuus tarkoittaa sellaisia toimia, joita saavutetaan rakenteellisin ja arkkitehtuurisin keinoin. Rakenteelliseen energiatehokkuuteen ei vaikuta käytön aikainen toiminta, vaan ratkaisut mahdollistavat energiatehokkaan asumisen. Rakennuksen lämpöhäviöille on säädetty vertailuarvot ympäristöministeriön asetuksessa rakennuksen energiatehokkuudesta pykälässä 33. Rakennuksen tulee olla lämpöhäviöiltään korkeintaan yhtä suuri kuin rakenteellisen energiatehokkuuden

vertailuarvoilla laskettu lämpöhäviö. Tämän lisäksi asetuksessa on määritelty rakennuksessa vaaditun koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon ominaissähköteho, joka ei saa ylittää  $1,5 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$ . Lämmitysjärjestelmänä tulee käyttää joko kaukolämpöä, maalämpö- tai vesi-ilmalämpöpumppua. (Asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017, luku 4 33§.)

## 2.2 Vähähiilinen rakentaminen

Euroopan unionissa on luotu vähähiiliselle rakentamiselle viitekehys LEVEL(s), jonka tavoitteena on yhteismitallistaa vähähiilistä, energia- ja resurssitehokasta rakentamista sekä luoda yhtenäinen termistö. LEVEL(s) perustuu kuuteen eri mittariluokkaan, jotka on jaettu useampiin pienempiin osioihin. Pääluokat ovat elinkaaren hiilijalanjälki, resurssitehokas materiaalien käyttö, veden kulutus, terveelliset tilat ja sisäilman laatu, sopeutuminen ilmastonmuutokseen ja elinkaarikustannukset. (Ympäristöministeriö 2018.)

Muutamissa Euroopan maissa, kuten Ranskassa, Saksassa, Belgiassa ja Hollannissa on käytössä oma kansallinen arviointimenetelmä. Saksan laskentamallissa käytössä on standardin EN15978 Sustainability of construction works – Assessment of environmental performance of buildings – Calculation method mukaisesta vaiheista vain osa. Ranskassa laskentamalli taas kattaa kaikki standardin vaiheet. Hollannissa laskentamalli perustuu standardiin EN15804 Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Core rules for the product category of construction products. Tulokset ilmoitetaan aiheutettuna ympäristöhaittana, jossa kasvihuonepäästöjen lisäksi huomioidaan muut ympäristöhaitat. Haittojen vaikutus ilmaistaan euroina. (Bionova 2017.)

Rakentamisen ympäristövaikutusten arviointiin on käytössä myös erilaisia kestävän kehityksen arviointiin tarkoitettuja järjestelmiä. Tällaisia metodeita ovat muun muassa LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) ja BREEAM (Building Research Establishment's Environmental Assessment Method). LEED on Yhdysvalloissa alkunsa saanut kansainvälisesti vertailukelpoinen järjestelmä, jota voidaan käyttää rakennusten sertifiointiin. Järjestelmässä suoritetaan ulkopuolisen, riippumattoman

tahon tekemä arviointi, jossa määritellään tilojen, rakennusten tai rakennushankkeen ympäristöominaisuuksia. BREEAM on englantilainen järjestelmä, joka ohjaa rakennushankkeen aikaisia toimia sekä käyttöä. BREEAMissa kiinnitetään huomiota muun muassa johtamiseen, liikenteeseen, maankäyttöön, käytettyihin materiaaleihin sekä energian- ja veden käyttöön. (Rakennusteollisuus www-sivut 2020.) Porin seudulla muun muassa kauppakeskus Puuvillalle on myönnetty LEED-sertifikaatti (Skanska www-sivut).

Antti Rinteen hallituksen 2019 hallitusohjelma jatkoi samaa linjaa, jota lähdettiin ajamaan jo sitä edeltävän hallituksen aikana. Suomi tavoittelee hiilineutraaliutta vuoteen 2035 mennessä. Suomi on sitoutunut suuntaamaan ilmastopolitiikkaa niin Suomessa kuin Euroopan unionissa siten, että ilmaston lämpeneminen pysähtyisi 1,5 asteeseen. Näiden tavoitteiden saavuttamiseksi rakentamisen ja energiankäytön osalta Suomi pyrkii fossiilivapaaksi 2030-luvun loppuun mennessä. Öljyn käytöstä lämmityksessä pyritään luopumaan 2030-luvun alkuun mennessä, valtion ja kuntien kiinteistöissä tämä tulisi tapahtumaan jo vuoteen 2024 mennessä. Hallitusohjelman tavoitteena oli myös pienentää asumisen ja rakentamisen hiilijalanjälkeä. (Pääministeri Antti Rinteen hallituksen ohjelma 2019, 32-37.) Rinteen hallituksen ohjelmassa tavoitteena oli nopeuttaa vähähiilisen rakentamisen ohjeistuksen täytäntöönpanoa sekä edistää rakentamisen jätteiden kierrätystä ja kiertotaloutta (Pääministeri Antti Rinteen hallituksen ohjelma 2019, 47). Rinteen hallituksen kaatumisen jälkeen pääministeri Sanna Marinin hallitus on lähtenyt jatkamaan tätä hiilineutraaliuteen pyrkivää työtä. Marinin hallitusohjelmassa mainitaankin, että ”Suomi on sitoutunut Pariisin ilmasopimukseen”. Tämä tarkoittaa sitä, että sopimukseen sitoutuminen edellyttää toimia pitkällä aikavälillä siten, että Euroopan unionin asettama hiilineutraaliustavoite saavutetaan jo ennen vuotta 2050. (Valtioneuvosto www-sivut 2020.)

Rakentamisen ja rakennusten käytön osuus Suomen kasvihuonekaasupäästöistä on noin kolmasosa. Tämän vuoksi rakentamisen ja asumisen hiilijalanjäljen pienentämisellä on suuri vaikutus tavoitteiden saavuttamisessa. (Ympäristöministeriön www-sivut 2017.) Ympäristöministeriö aloitti hiilijalanjäljen laskentamallin ja päästötietokannan kehittämisen vuonna 2017, jolloin myös aloitettiin testaaminen julkisella sektorin rakennushankkeissa (Kuva 1). Rakentamisen hiilijalanjäljen ohjausta varten ympäristöministeriö on julkaissut vuonna 2018 luonnoksen laskentamenetelmästä, jonka

avulla voidaan arvioida rakennuksen koko elinkaaren hiilijalanjälkeä ja nyt uuden hallitusohjelman myötä vähähiilisen rakentamisen arviointimenetelmien kehittäminen ja kokeilu jatkuu (Vähähiilisen rakentamisen neuvontapalvelun www-sivut 2019).



Kuva 1. Ympäristöministeriön suunnitelma vähähiilisen rakentamisen ohjauksen kehittämisestä ja käyttöönnotosta (Ympäristöministeriö 2017).

Elokuussa 2019 arviointimenetelmästä julkaistiin päivitetty versio. Menetelmää päivitettiin aiemmasta versiosta saatujen lausuntojen perusteella. Arviointimenetelmää hyödynnettiin syksyllä 2019 alkaneella ympäristöministeriön pilotointijaksolla, jonka päätteeksi menetelmää päivitetään testausjakson tulosten perusteella. (Kuittinen. 2019, 12.) Koekäytön tueksi Green Building Council Finland lanseerasi neuvontapalvelun, josta niin julkiset kuin yksityiset sektorit saavat apua vähähiilisen rakentamiseen liittyviin ongelmiin (Ympäristöministeriö 2017).

### 2.2.1 Hiilijalanjäljen arviointimenetelmä

Ympäristöministeriön rakennuksen ekvivalenttisten hiilidioksidipäästöjen arviointimenetelmä perustuu useisiin standardeihin, LEVEL (s) – menetelmään sekä tutkimusaineistoon. Arviointimenetelmän perustana olevia eurooppalaisia standardeja ovat EN 15643 Sustainability of construction works -sarja, EN 15978 ja EN 15804. (Ympäristöministeriö 2019, 11.) EN 15804- standardi määrittelee rakennusmateriaalien

ympäristöselosteiden sisällön. Ympäristöselosteet ovat elinkaarianalyysiin perustuva vapaaehtoinen väline esittää materiaalin ympäristövaikutuksia. (Rakennustieto www-sivut 2020.) Standardisarja EN 15643 on tarkoitettu, rakentamisen kestävä kehityksen arviointiin (European Commission www-sivut. 2020).

Hiilijalanjäljen arviointiin sisällytetään koko rakennuksen elinkaari, joka tarkoittaa hiilijalanjälkeä ennen käyttöä (vaihe A), käytön aikana (vaihe B) sekä käytön jälkeen (vaihe C). Rakennuksen elinkaari on määritelty standardissa EN 15643-2 Sustainability of construction works – Assessment of buildings - Part 2: Framework for the assessment of environmental performance (kuva 2). Rakennuksen hiilijalanjälkeä arvioidessa huomioidaan koko rakennus ja tontilla olevat rakenteet sekä talotekniset järjestelmät sekä näistä aiheutunut hukka. Kasvillisuus, maaperä, tai rakentamisen aikaiset väliaikaiset telineet, jotka ovat rakennuksen tontilla, eivät sisälly arviointiin. (Ympäristöministeriö, 2019, 12.) Hiilikädenjälkenä (vaihe D) ilmoitetaan kaikki elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset, kuten materiaalin uusiokäytöllä saavutetut hyödyt, uusiutuvan energia ylimääräinen tuotto rakennuksen tontilla sekä rakennuksen materiaaleihin sisältyvät hiilivarastot ja hiilinielut. Lisäksi vaiheessa D ilmoitetaan elinkaarilaskennan ulkopuolelle jäävät haitat. (Ympäristöministeriö 2019, 30.)

Vaihe A:n hiilijalanjälki koostuu toiminnoista, jotka tapahtuvat ennen käyttöä. Vaihe A sisältää rakennusmateriaalien valmistuksen A1 - A3, kuljetukset sekä työmaatoiminnan hiilijalanjäljen A4 - A5. Vaihe B koostuu hiilijalanjäljestä käytön aikana, johon sisällytetään rakennuksen energiankulutus sekä veden käyttö, rakennuksen ja laitteiden korjaus, kunnossapito ja osien vaihto. Vaiheessa B lasketaan mukaan myös laajemmat korjaukset. Vaihe C sisältää kaikki käytön jälkeen tapahtuvat toimet, kuten purkamisen, materiaalien ja jätteiden kuljetukset, purkujätteen käsittelyn ja loppusijoituksen. Vaiheessa D ilmoitetaan ne hyödyt ja haitat, jotka jäävät rakennuksen elinkaaren ulkopuolelle. (Kuva 2.)





Kuva 2. Hiilijalanjäljen laskennan tulee viitata standardin EN 15643-2 vaiheisiin (Ympäristöministeriö. 2019, 14).

### 2.2.2 Hiilijalanjäljen ja hiilikädenjäljen arviointi

Hiilijalanjäljen arviointia voidaan tarkastella uudisrakennus- ja laajamittaisissa korjaushankkeissa. Rakennustyyppit on määritelty energiatehokkuusasetuksen mukaisesti yhdeksään eri luokkaan, jossa luokat 1 ja 2 kuvaavat asuinrakennuksia. Elinkaaren arviointijaksona on 50 vuotta tai rakennuksen tavoitekäyttöikä. Arvioinnin tulos ilmaistaan yksikön  $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^2_{\text{netto}}$  avulla. Yksikkö ilmaisee ekvivalenttisten hiilidioksidipäästöjen määrän kilogrammoina rakennuksen lämmitettyä nettoalaa kohden. (Ympäristöministeriö 2019, 38). Rakennuksen lämmitetty nettoala on valittu hiilidioksidi ekvivalenttipäästöjen toiminnalliseksi yksiköksi, koska se on myös energialaskennassa käytetty yksikkö. (Ympäristöministeriö. 2018, 9.) Hiilidioksidiekvivalentilla kuvataan sellaista yhteismitallistettua kasvihuonekaasujen määrää, joiden päästöillä on vaikutus kasvihuoneilmiön voimistumiseen (Ilmatieteenlaitos 2019). Kasvihuonekaasujen yhteismitallistaminen tarkoittaa sitä, että kaikki sellaiset yhdisteet, jotka

kiihdyttävät kasvihuoneilmiötä, ovat vaikutuksiltaan suhteutettu hiilidioksidin aiheuttamiin vaikutuksiin. Nämä kaasut ovat yhteismitallistettu käyttämällä GWP eli global warming potential -kertoimia. (Tilastokeskus 2018.)

Hiilijalanjäljen lisäksi, lisätietona esitetään hiilikädenjälki, joka ilmaisee ja kuvaa niitä rakennushankkeen aikana syntyviä ilmastohyötyjä, joita ei saavutettaisi ilman rakennushankkeen olemassaoloa, niitä voi syntyä kaikissa eri rakennushankkeen vaiheissa. Ilmastohyödyiksi luokitellaan muun muassa rakennusmateriaaleihin elinkaaren ajaksi sitoutuva ja niihin mahdollisesti varastoitunut hiilidioksidi, tontilla tuotettu ylimääräinen uusiutuva energia sekä rakennusosien uudelleenkäyttö ja kierrätys, jonka avulla voidaan välttää uusien tuotteiden valmistuksessa syntyviä hiilidioksidipäästöjä. (Ympäristöministeriö 2019, 30.)

Laskennassa huomioitavat hiilijalanjäljen ja hiilikädenjäljen laskeminen erikseen on selkeämpää ja antaa paremman kokonaiskuvan laskennasta. Hiilikädenjäljen määrän arvioiminen saattaa laskennassa olla kyseenalaista. Esimerkiksi betonin karbonatisoitumisen laskeminen hiilikädenjälkenä on epävarmaa johtuen siitä, että säätilat vaihtelevat, jolloin betonin reagointi vaihtelee. Märkä betoni reagoi ilmassa olevaan hiilidioksidiin huomattavasti hitaammin kuin kuiva betoni (Betoniteollisuus [www-sivut](#)). Lisäksi karbonatisoitumiseen vaikuttaa se, miten betoni on pinnoitettu, koska pinnoitettu betoni ei pääse samanlaisesti kosketuksiin ilman kanssa eikä näin ollen pääse myöskään reagoimaan ilmassa olevan hiilidioksidin kanssa.

Materiaalin kierrätys lasketaan kuuluvan mukaan hiilikädenjälkeen, kuitenkin niin, että hyöty lasketaan niille materiaaleille ja rakennusosille, jotka ovat huomioitu rakennuksen ekvivalenttisia hiilidioksidipäästöjä laskettaessa. Kierrätetystä materiaalista saatavat hyödyt voidaan ottaa huomioon elinkaaren aikana vain kerran. (Ympäristöministeriö 2019, 31-32.) Ympäristöministeriön päivitetyn arviointimenetelmän liitteessä 5 ohjataan rakentamisvaiheen aikana syntyneen jätteen hiilijalanjälkilaskennasta. Rakentamisvaiheessa syntyneen jätteen hiilijalanjälki kohdennetaan hiilijalanjälkiarvioinnin elinkaaren osaan A5, rakentamisen työmaatoiminnot. Arviointimenetelmän mukaan, jätteiden jatkokäsittely jätetään arvioinnin ulkopuolelle. Kun jäte on käsitelty siten, että sen mahdolliset hyödyt on saavutettu, jätettä ei enää huomioida sen rakennushankkeen arvioinnissa, jossa se on syntynyt. Tarkennetussa laskennassa

ohjataan laskijaa käyttämään hyväkseen rakennusmateriaalien ympäristöselosteita, joiden avulla voidaan laskea kierrätyksen hyödyt. (Ympäristöministeriö 2019, 30; Ympäristöministeriö 2019, 48.)

### 2.2.3 Yksinkertaistettu ja tarkennettu menetelmä

Rakennuksen hiilijalanjälkeä arvioitaessa, yksinkertaistettua laskentamenetelmää käytetään siinä tapauksessa, kun kaikista rakennushankkeen vaiheista ei ole tarkempia tietoja ja niitä ei ole mistään mahdollista saada. Yksinkertaistettu menetelmä sopii erityisesti rakennuksen suunnitteluvaiheessa hiilijalanjäljen laskentaan. Yksinkertaistetussa menetelmässä tarkemmat tiedot kerätään materiaalin sekä ostoenergian osalta. Näitä ovat elinkaarilaskennan vaiheet A1-A3 sekä B6. Muiden vaiheiden osalta käytetään taulukkoarvoja, joihin on lisätty epävarmuuskerroin. Taulukkoarvot ovat määritelty erikseen laskentamenetelmässä. (Ympäristöministeriö. 2018, 9.) Lisäksi päivitetystä menetelmästä voidaan käyttää taulukkoarvoja myös talotekniikan osalta (Ympäristöministeriö 2019, 44).

Tarkennettua menetelmää voidaan käyttää rakennuksen hiilijalanjäljen arvioinnissa, kun rakennushankkeen vaiheet ovat tarkentuneet ja pystytään paremmin määrittämään rakennuksen todellinen tilanne materiaalin ja käytön suhteen. Jos laskennassa käytetään oletuksia, on ne kuvattava tarkasti. Tarkennettua menetelmää voi käyttää myös osittain siten, että jokin vaihe laskennassa on laskettu tarkennetulla menetelmällä ja muut vaiheet yksinkertaistetun menetelmän avulla. Tällöin on kuitenkin tärkeää, että laskennan raportissa avataan selkeästi, mihin osioihin tarkennettua menetelmää on käytetty ja miltä osin laskenta on oletusten avulla laskettu. (Ympäristöministeriö. 2018, 9-10.)

### 2.2.4 Rakennuksen hiilijalanjäljen arviointityökalut

Ympäristöministeriö on luonut arviointimenetelmällä laskettavaa rakentamisen hiilijalanjälkeä varten arviointityökalun, joka sisältää rakennusmateriaalien päästötietoja. Arviointityökalua varten tulee laskea materiaalien määrät kilogrammoina tai neliömetreinä rakenneosasta ja materiaalista riippuen ja syöttää tiedot taulukkoon. Näin



Taulukko 2. Päivitetystä arviointimenetelmästä käytetyt energiamuotojen päästöker-  
toimet gCO<sub>2e</sub>/kWh (Ympäristöministeriö 2019, 46)

Laskennalliset päästöt [kgCO <sub>2</sub> / kWh]											
	Energiamuoto	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100	2110
Sähkö	0,121	0,057	0,030	0,018	0,014	0,007	0,004	0,002	0,001	0,001	0,000
Kaukolämpö	0,130	0,093	0,063	0,037	0,033	0,022	0,015	0,010	0,007	0,004	0,003
Kaukojäähdytys	0,130	0,093	0,063	0,037	0,033	0,022	0,015	0,010	0,007	0,004	0,003
Fossiiliset polt- toaineet	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26
Uusiutuvat polt- toaineet	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Kuljetus työmaalle, rakennustyömaan toiminnot, korjaukset sekä elinkaaren lopussa tapahtuvat toiminnot lasketaan arviointimenetelmän taulukkoarvoilla, jotka ilmaistaan kgCO<sub>2e</sub>/m<sup>2</sup> (Taulukko 3). Taulukossa 4 on ilmoitettu taulukkoarvot päästöille, jotka syntyvät kuljetuksesta, työmaan toiminnoista, korjauksista, sekä purkuvaiheesta ja jätteen käsittelystä sekä loppusijoituksesta. Nämä arvot ovat kerätty Suomessa tehtyjen hiilijalanjälkilaskelmien keskiarvoista ja niihin on lisätty epävarmuuskerroin, joka on 20 % (Ympäristöministeriö 2019, 4). Lisäksi talotekniset järjestelmät lasketaan ympäristöministeriön ohjeen mukaisesti taulukkoarvoilla (Taulukko 4).

Taulukko 3. Arviointimenetelmästä määritellyt taulukkoarvot elinkaaren niille vai-  
heille, joita ei yksinkertaistetussa menetelmässä lasketa todellisten tietojen mukaan  
(Ympäristöministeriö 2019, 45)

Tyypilliset päästöt [kgCO <sub>2e</sub> /m <sup>2</sup> ]		
A1-3 Valmistus		<i>Lasketaan aina hankekohtaisin tiedoin</i>
A4 Kuljetus työmaalle	10,20	Keskimääräinen kuljetusetäisyys Suo- messä
A5 Uudisrakennustyömaan toiminnot	27,30	Työmaan energian ja polttonesteiden kulutus
B3-4 Korjausten energiankulutus	2,16	Materiaalien valmistus arvioitava erik- seen
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 Suo- messä
C3-4 Jätteenkäsittely ja loppusijoitus	15,60	
Yhteensä	73,26	kgCO <sub>2e</sub> /m <sup>2</sup>

Taulukko 4. Arviointimenetelmässä määritellyt taulukkoarvot taloteknisille järjestelmille (Ympäristöministeriö 2019, 44)

<b>Tavanomaisia järjestelmiä (pinta-alatiedot ilmoitettu rakennuksen huonealaa kohti)</b>	
Hissi	7585,00 kgCO <sub>2</sub> /kpl
Sähköasennukset ja kaapeloinnit	5,28 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
Sprinklerijärjestelmä	5,85 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
<b>Vesi- ja viemärilaitteistot (pinta-alatiedot ilmoitettu rakennuksen huonealaa kohti)</b>	
Vesijohtojärjestelmä	2,70 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
Viemäriputkisto	0,52 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
<b>Lämmitysjärjestelmä (pinta-alatiedot ilmoitettu rakennuksen huonealaa kohti)</b>	
Patteriverkosto	6,67 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
Lämmönjakokeskus	0,53 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
Ilmanvaihtojärjestelmä	6,97 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
<b>Aurinkopaneelit (pinta-alatiedot ilmoitettu aurinkopaneelin keräinpinta-alaa kohti)</b>	
Kiteinen aurinkopaneeli	242,00 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
Ohutkalvopaneeli	67,00 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
Verkkoinvertteri	22,00 kgCO <sub>2</sub> /kpl

Arviointimenetelmässä on tehty rajaus, minkälaiset rakenteet ja materiaalit lasketaan huomioidaan. Huomioitavia rakenteita ja tuotteita ovat tontin keskeisimmät maaosat ja rakenteet sekä päällysteet, rakennuksen kantavat ja täydentävät rakenteet, talotekniikka sekä energia, joka työmaalla on kulutettu. Ohjeen mukaisesti arvioinnin ulkopuolelle jätetään tuotteisiin kuulumattomat kiinnitystarvikkeet, tiivisteet ja saumaukset sekä pintamateriaalit, listat, pintakäsittelyt sekä maalaukset. (Ympäristöministeriö 2019, 18.)

### 2.3 Rakennusjätteet

Rakennusjätettä syntyy uudis- tai korjausrakentamisessa, rakennuksen purkutyössä, maa- ja vesirakentamisessa sekä kaikessa muussa vastaavassa rakentamisessa. Rakennushankkeeseen ryhdyttäessä on pidettävä huoli, että rakennustoiminnassa syntyvä jäte, esineet ja aineet, käytetään mahdollisimman tehokkaasti uudelleen tai otetaan talteen niin, että rakentamisprosessin aikana syntyy mahdollisen vähän jätettä. Lisäksi tavoitteena on välttää haitallisen jätteen syntymistä. (Jäteasetus 19.4.2012/179 3. luku 15§.) EU 2008/98/EC jätedirektiivin mukaan jätteen käsittelyssä pyritään käsittelemään jäte etusijajärjestyksen mukaan, josta voidaan poiketa, kun se on koko elinkaarirajattelun kannalta perusteltua. Jätedirektiivin mukainen Etusijajärjestys on 1. Syntyvän jätteen määrän vähentäminen, 2. uudelleenkäyttö, 3. kierrätys, 4. muu hyödyntäminen (myös energiahyödyntäminen) 5. loppukäsittely. Tämä tarkoittaa sitä, että jos jätemäärän vähentämiseen pyrkivän toiminnan jälkeenkin jätettä syntyy, tulee se

ensisijaisesti kierrättää sellaisenaan. Jos sellaisenaan kierrättäminen ei onnistu, tulee pyrkiä hyödyntämään jäte materiaalina. Jos jätettä ei saada edellä mainituin tavoin käyttöön, tulee se hävittää polttamalla ja hyödyntää energiantuotantoon. Aivan viime kädessä jäte tulisi loppusijoittaa kaatopaikalle. (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2008/98/EY, 4 artikla.) Jotta jätettä voidaan hyödyntää uudelleen tehokkaasti, on rakentajan järjestettävä erilliskeräys, joka mahdollistaa rakennusjätteen uudelleen hyödyntämisen. Jätelaissa suositellaan rakennustyömaalla järjestettäväksi keräys ainakin seuraaville jätejakeille: 1. Betoni- tiili-, kivennäislaatta- ja keramiikkajäte; 2. Kipsipohjainen jäte, 3. Kyllästämättömät puujäte, 4. Metallijäte, 5. lasijäte, 6. muovijäte, 7. Paperi- ja kartonkijäte ja 8. Maa- ja kiviainesjäte. (Jäteasetus 19.4.2012/179 3. luku 16§.)

Valtakunnallisessa jätesuunnitelmassa tavoitellaan rakennus- ja purkujätteen vähentämistä. Lisäksi suunnitelmassa on tavoite pyrkiä hyödyntämään 70 % rakennusjätteestä materiaalina. Tavoitteena on myös rakennus- ja purkujätteiden uusiokäytön lisääminen siten, että materiaalin hyötykäytön riskit tunnistetaan ja näin ollen hallitaan. Tilastokeskuksen mukaan vuonna 2016 rakennusjätettä syntyi noin 13,8 miljoonaa tonnia, joista mineraalipohjaista jätettä eli maa-aineksia oli noin 12 miljoonaa tonnia (Tilastokeskus 2016). Jätelaissa kaavailtu tavoite tarkoittaisi sitä, että kierrätetyn rakennusjätteen määrä olisi vuoden 2016 jätemäärästä, maamassoja lukuun ottamatta, olisi noin 1,26 miljoonaa tonnia. (Tilastokeskus 2016.)

### 2.3.1 Rakennusmateriaalien kierrätys ja materiaalihyödyntäminen

Puun hiilisisällön vuoksi olisi myös tärkeää, että puulle löytyisi vaihtoehtoisia tapoja hyödyntää se materiaalina. Suomessa on melko vähän puujätteen kierrätysmahdollisuuksia. Hyödyntäminen materiaalina on mahdollista esimerkiksi komposiittituotteissa puukuitulevynä, kuitenkin tämä on niin sanottu downcyclingiä, joka tarkoittaa sitä, että tuote kierrätetään alkuperäistä tuotetta vähemmän arvokkaaksi tuotteeksi. (Manninen, K., Judl, J., Myllymaa T. 2015, 10.) Puun hyödyntäminen energiana saattaa siis tietyissä tapauksissa olla järkevämpää kuin kierrätys, erityisesti jos se on EU:n jätehierarkiassa mainittujen elinkaariperusteiden puolesta parempi.

Rakennusjätteen lajittelussa muovit ovat pääosin selkeitä lajitella, kuitenkin esimerkiksi viemäriputkia löytyy useita laatuja ja PVC-muovi on yleinen muovimateriaali, jota viemäriputkissa on käytetty. PVC-muovituotteita ei saa laittaa muun muovi- tai energiajätteen sekaan (Lassila & Tikanoja www-sivut 2020). Kipsilevyjä voidaan kierrättää materiaalina uusien kipsilevyjen valmistuksessa. Haasteita materiaalin hyödyntämiseen aiheuttaa se, että syntyvän kipsilevyjätteen tulisi olla puhdasta ja kuivaa sekä muutoin kierrätykseen soveltuvaa. Lisäksi palautettavan kipsilevyjätejakeen joukossa ei saisi olla muita rakennusmateriaaleja tai epäpuhtauksia. (Gyproc www-sivut 2019.)

Maa- ja kiviainesten kierrättämisellä voidaan korvata neitseellisiä aineita, kuten esimerkiksi luonnonkiviä. Kun maa- ja kiviaines kierrätetään, säästyvät kaatopaikat suurilta määriltä jätettä. Yksi ongelma maa- ja kiviainesten käsittelyssä on joissakin tilanteissa ollut vaadittavat ympäristöluvut, koska luvat saattavat olla monimutkaisia hakea ja käsittelyajat voivat olla pitkiä. Rakennushankkeen aikana syntyvä maa- ja kiviaines voidaan hyödyntää uudelleen erilaisissa maarakennushankkeissa esimerkiksi tienpohjana. Kaatopaikallakin jätettä voidaan hyödyntää kaatopaikan rakenteisiin puhtaan maan sijasta. Maa- ja kiviaineksen hyödyntämisessä ongelmana on lisäksi se, ettei niille ole vastaanottoaikkaa, eli kohdetta, jossa jätteen voisi hyödyntää. Jätettä ei kannata varastoida pitkiä aikoja odottamassa sopivaa sijoituskohdetta. Tällaisissa tapauksissa jäte loppusijoitetaan kaatopaikalle. (Valtionvarainministeriö 2012, 11-12.)



### 3 TUTKIMUSMENETELMÄT JA TIEDON HANKINTA

Tämä opinnäytetyö on case-tutkimus. Tutkimuksen tavoitteena oli saada todellista tietoa siitä, miten rakennusjätteen lajittelu onnistuu pientalon rakennustyömaalla. Tarkoituksena oli selvittää, mitkä seikat vaikuttavat syntypaikkalajittelun onnistumiseen ja onko 70 % kierrätysaste mahdollista saavuttaa. Case -tutkimus soveltui hyvin myös hiilijalanjäljen arviointimenetelmien tutkimiseen sekä E-luvun tarkasteluun. Tutkimuksen avulla pystyttiin vastaamaan kysymyksiin, miten hiilijalanjäljen laskemismenetelmä soveltuu pientalohankkeeseen, mitkä tekijät rakennuksessa vaikuttavat pientalon hiilijalanjälkeen ja miten laskentamallia olisi mahdollista kehittää. Näin pystyttiin arvioimaan käytettyjen työkalujen toimivuutta ja toimenpiteiden vaikutusta todellisen kohteen tiedoilla.

#### 3.1 Tutkimusmenetelmät ja niiden soveltuvuus

Laskennallista E-lukua tarkasteltiin laskentapalvelujen työkalun avulla. Laskennassa apuna hyödynnettiin lupavaiheen energiatodistusta, pilottikohteen lupavaiheen suunnitelmia sekä tietoja LVI-teknisistä laitteista. Lupavaiheen energiatodistus tehtiin uudelleen laskentapalvelut.fi internetsivuillaan tarjoaman, energiatodistuksen laadintaan tarkoitetun, laskentasovelluksen avulla. Tämän jälkeen tietoihin tehtiin yksitellen muutoksia ja tarkasteltiin, millä keinoin saavutetaan A-energiatehokkuusluokka. Lisäksi tarkasteltiin puun polton vaikutuksia niin E-lukuun kuin rakennuksen hiilijalanjälkeen.

Hiilijalanjälkilaskelmaan tarvittavien materiaalien määrät laskettiin hyödyntämällä pilottikohteesta saatavia rakennuslupavaiheen pääpiirustuksia, suunnitelmia pdf- ja dwg- kuvina, valokuvia ja tekemällä havaintoja paikan päällä rakennustyömaalla. Lupavaiheen suunnitelmakuvista määrät arvioitiin mittojen mukaan, mekaanisesti laske-  
malla. Materiaalina huomioitiin niin kohteessa käytetty materiaali kuin materiaalin hukka. Hukka laskettiin Rakennustöiden menekit 2015 kirjassa ilmoitettujen hukka-  
prosenttien keskiarvon mukaan. Materiaalien ominaisuuksien, kuten tiheyden arvona, käytettiin laskennassa joko ympäristöministeriön C4 Suomen rakentamismääräysko-  
kelman luonnoksessa olevia arvoja tai valmistajan itse ilmoittamaa arvoa.

Lisäksi tarvittaessa käytettiin laskennassa käytetyn työkalun ilmoittamia arvoja. Käytön aikaiset päästöt laskettiin olemassa olevan lupavaiheen energiatodistuksen vuotuisen ostoenergiakulutuksen mukaan.

Rakennuksen hiilijalanjäljen laskennassa apuna käytettiin kahta eri arviointityökalua. Vanha työkalu oli ympäristöministeriön arviointimenetelmän, ensimmäisen luonnoksen yhteydessä julkaistu Excel-pohjainen arviointityökalu. Toinen laskelma toteutettiin ympäristöministeriön arviointimenetelmän päivitetyn version tietojen pohjalta julkaistun Excel-pohjaisen arviointityökalun avulla. Näin pystyttiin arvioimaan päivitetyn arviointityökalun hyviä ja huonoja ominaisuuksia, arviointimenetelmässä tehtyjen muutosten vaikutusta sekä laskennan yhdenmukaisuutta. Tässä työssä näitä arviointityökalujen eri versioita kutsuttiin vanhaksi arviointityökaluksi sekä päivitettyksi arviointityökaluksi.

Rakennusjätteen määrää tarkasteltiin rakennuttajan luovuttamien, tuotteiden ja materiaalien hankinnoista saatujen, kuittien avulla. Kuittien tiedot kerättiin Excel-taulukoksi ja jaoteltiin pilottikohteessa kerättävien jätejakeiden mukaan. Todelliset tiedot kerättyjen jätteiden määrästä saatiin jätehuoltoyhtiöltä. Kustannuksia verrattiin pelkän sekajätteenä keräämisen ja pilottikohteessa toteutetun jätteiden lajittelun kustannusten välillä. Lisäksi jätteiden syntypaikkalajittelun sujumista tarkkailtiin vieraillemalla kohteessa sekä haastatteleamalla rakennuttajaa sekä jätehuoltoyhtiön yhteyshenkilöä. Tutkimusmenetelmien luonteen vuoksi tutkimuksen eettiset näkökohdat ovat helposti ennakoitavissa. Tehdyissä haastatteluissa ja haastattelujen perusteella käytetyssä materiaalissa on kunnioitettu haastateltujen henkilöiden yksityisyyden suoja.

### 3.2 Tutkimusmenetelmien luotettavuus

Arviointityökalun päästötietokanta on vielä kohtuullisen suppea, joten kaikkia, ei välttämättä tietokannasta löydy. Eri materiaalien tiheydet ja päästöt saattavat vaihdella eri valmistajilla, joten näiltä osin laskenta ei arviointityökalulla ole tarkkaa. Näiden seikkojen vuoksi laskentatyökalu sopii parhaiten yksinkertaistettuun menetelmään, joka on lähinnä suuntaa antava ja useisiin arvioihin perustuva. Tarkennetussa menetelmässä työkalua voidaan hyvin käyttää tuloksien raportoimiseen. Koska

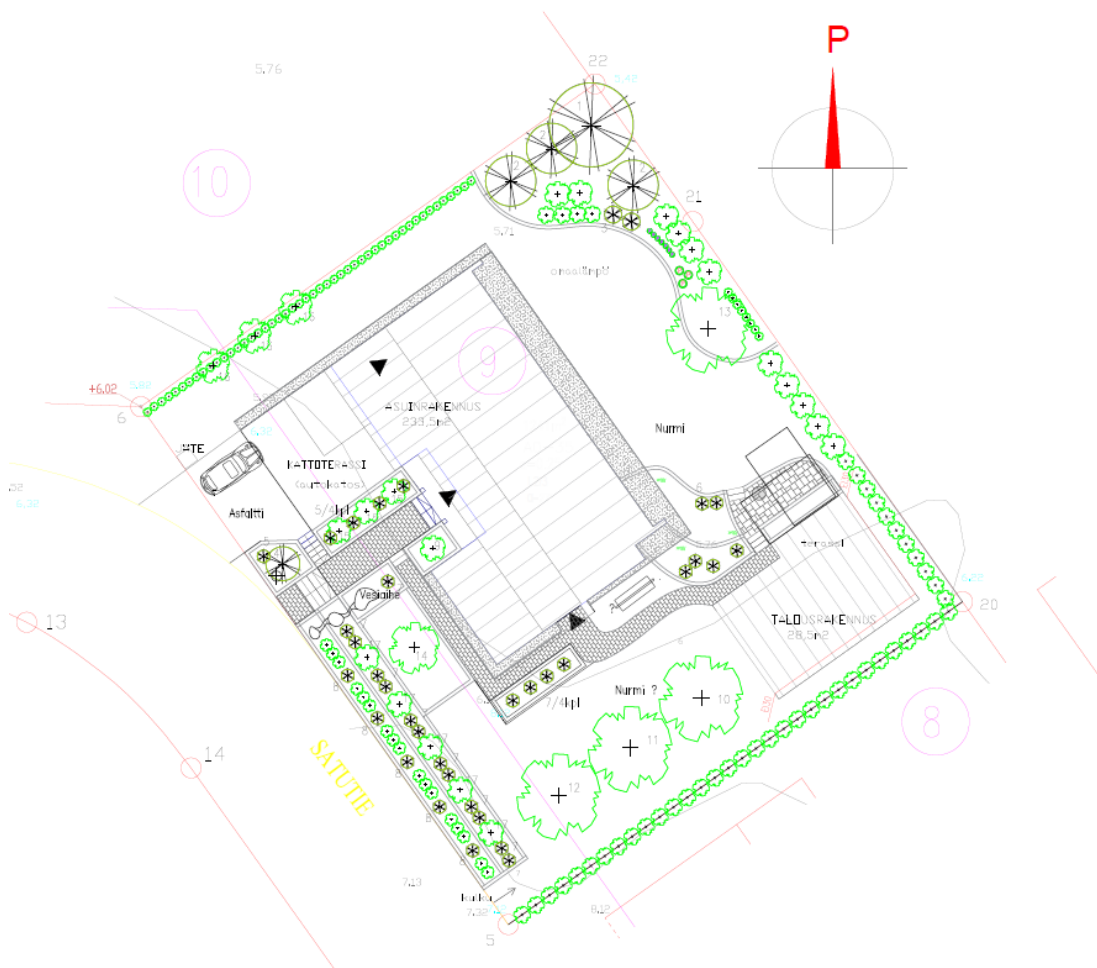
materiaalitietojen kerääminen on suuritöinen ja hankala prosessi, johtaa se materiaalien määriä laskettaessa suureen virheen mahdollisuuteen. Kun materiaalit lasketaan tutkimuksessa käytetyillä menetelmillä, hankaluuksia aiheuttaa se, ettei kaikista rakennusosista ole riittäviä tietoja. Työtä hankaloittaa myös tiedon suuri määrä sekä se, ettei tietoja kaikista materiaaliominaisuuksista ole saatavilla edes valmistajilta niitä kysyttäessä. Useiden taulukkoarvojen ja oletusten käytön myötä hiilijalanjätkilaskennan tulos yksinkertaistetulla menetelmällä ei ole tarkka vaan vain suuntaa antava.

E-lukua laskettaessa virheiden mahdollisuus syntyy käytettyjen tietojen laadusta ja määrästä. Tässä tutkimuksessa toistettiin lupavaiheen laskenta uudelleen laskentapalveluiden sovelluksella. Tiedot pyrittiin toistamaan mahdollisimman tarkasti, mutta sovelluksessa on useita muuttujia, joten tarkastuksesta huolimatta, pieni virheen mahdollisuus on siinä, että jokin lukema on jäänyt laittamatta tai se on laitettu väärin.

Rakennusjätteiden ja materiaalivirtojen tietojen keruussa organisaation tarjoamat ja raportoimat tilastot ovat oletusarvoisesti luotettavia. Kuiteissa olevat tiedot eivät todennäköisesti riitä kuvaamaan tarpeeksi laajasti tuotteessa olevista materiaaleista, koska niissä ei ole esimerkiksi ilmoitettu millaista pakkausmateriaalia tuotteessa on käytetty.

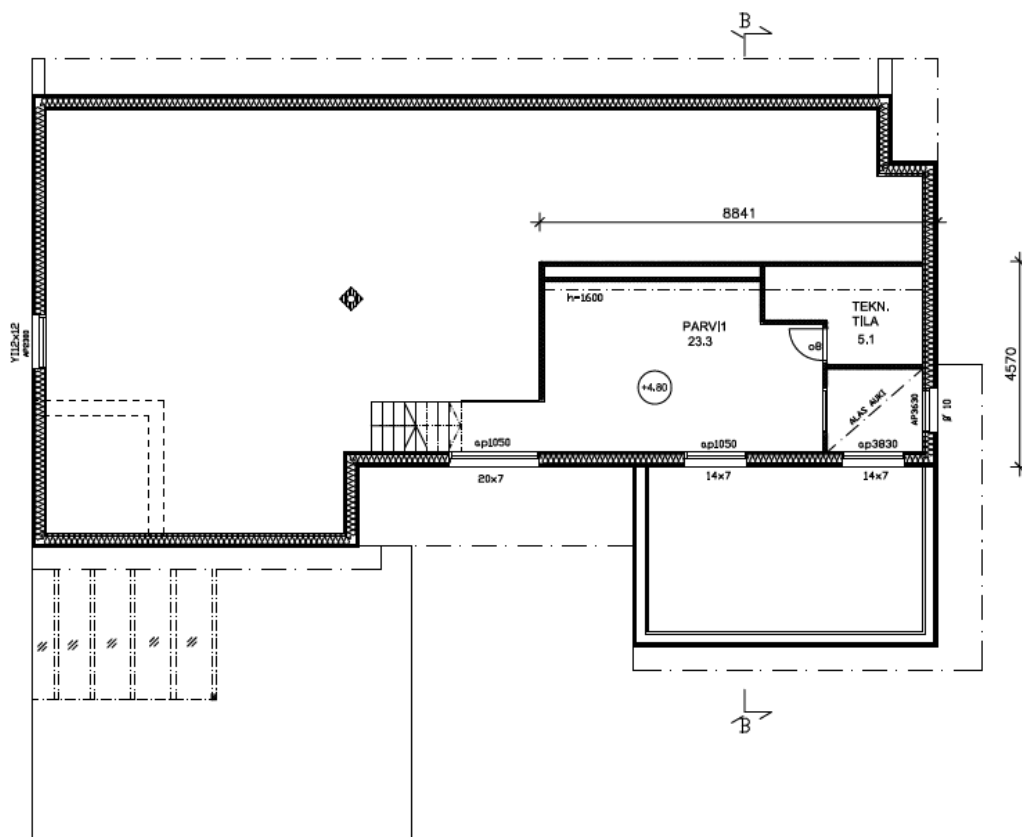
## 4 PILOTTIKOHTEEN ESITTELY

Opinnäytetyön Pilottikohde valikoitui Porin kaupungin Circwaste-osahankkeen kautta. Pilottikohde on pientalokohde Porin Tuorsniemessä. Rakennukselle myönnettiin rakennuslupa joulukuussa 2018. Asuinrakennuksen kerrosala rakennusluvan mukaan on 227 m<sup>2</sup>. Kerrosala koostuu 1. kerroksen asuintiloista ja 2. kerroksen parvesta. Kohteen lämmitetty nettoala energiatodistuksen perusteella on 234 m<sup>2</sup>. Asuinrakennuksen yhteydessä on autotalli ja tontille on haettu rakennuslupa myös erilliselle saunarakennukselle, joka on kerrosalaltaan 28 m<sup>2</sup>. Rakennus on suunnattu siten, että autotallin sisäänkäynti ja rakennuksen julkisivu ovat suunnattuina lounaaseen ja suuret ikkunat avautuvat koillisen suuntaan. (Kuva 3). Rakennuksen pääsuunnittelijana on toiminut Insinööritoimisto Kaappo Oy.



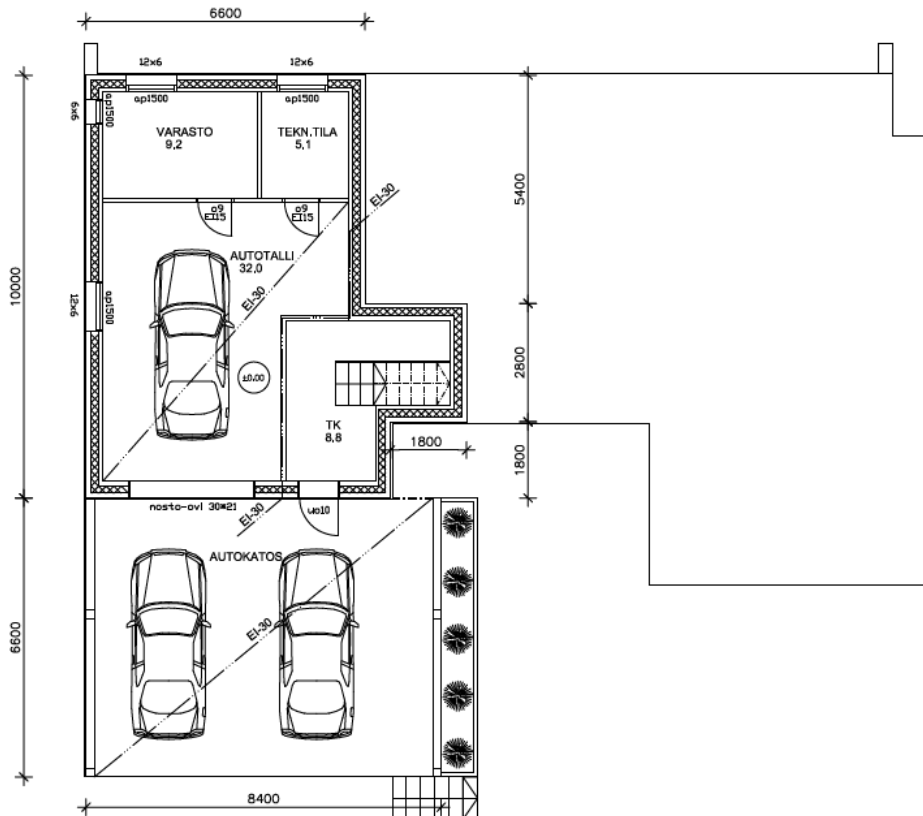
Kuva 3. Asemapiirros ja asuinrakennuksen sijoittuminen tontille.





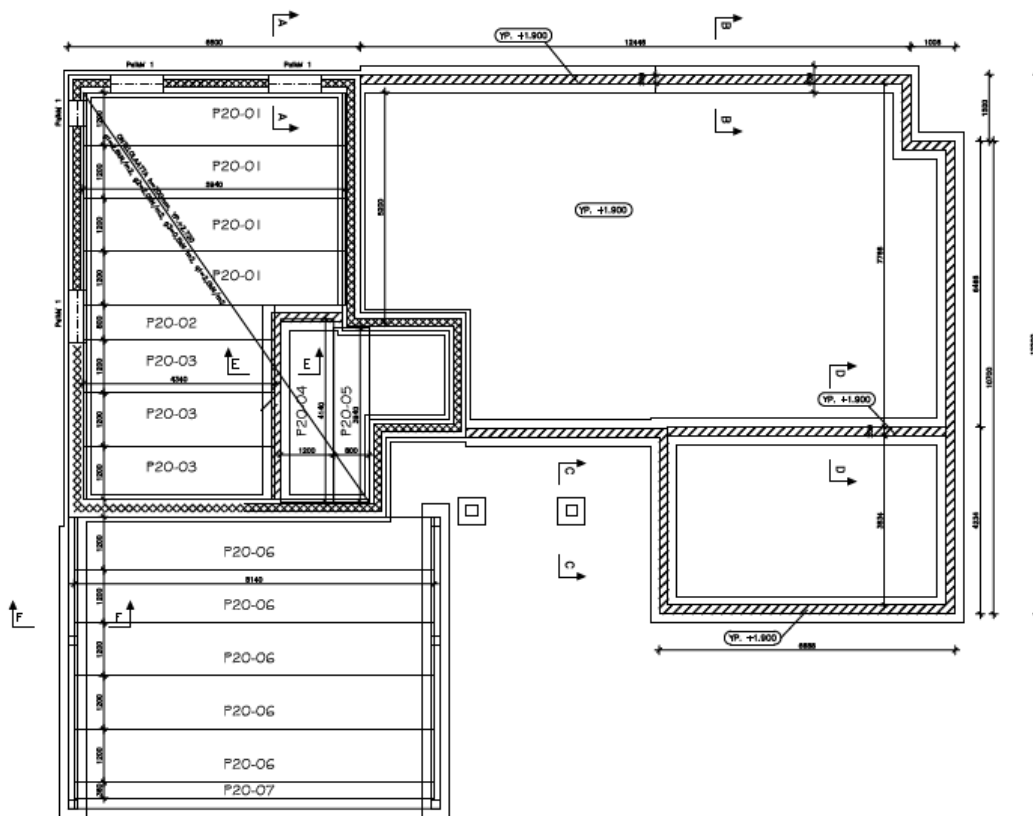
2.krs  
 Huonelstoala 28,0m<sup>2</sup>  
 Kerrosala 32,0m<sup>2</sup>

Kuva 5. Päärakennuksen 2. kerros, jossa parvi ja tekninen tila



Kuva 6. Päärakennuksen yhteydessä, korkeamman osan alla, sijaitseva autotalli.

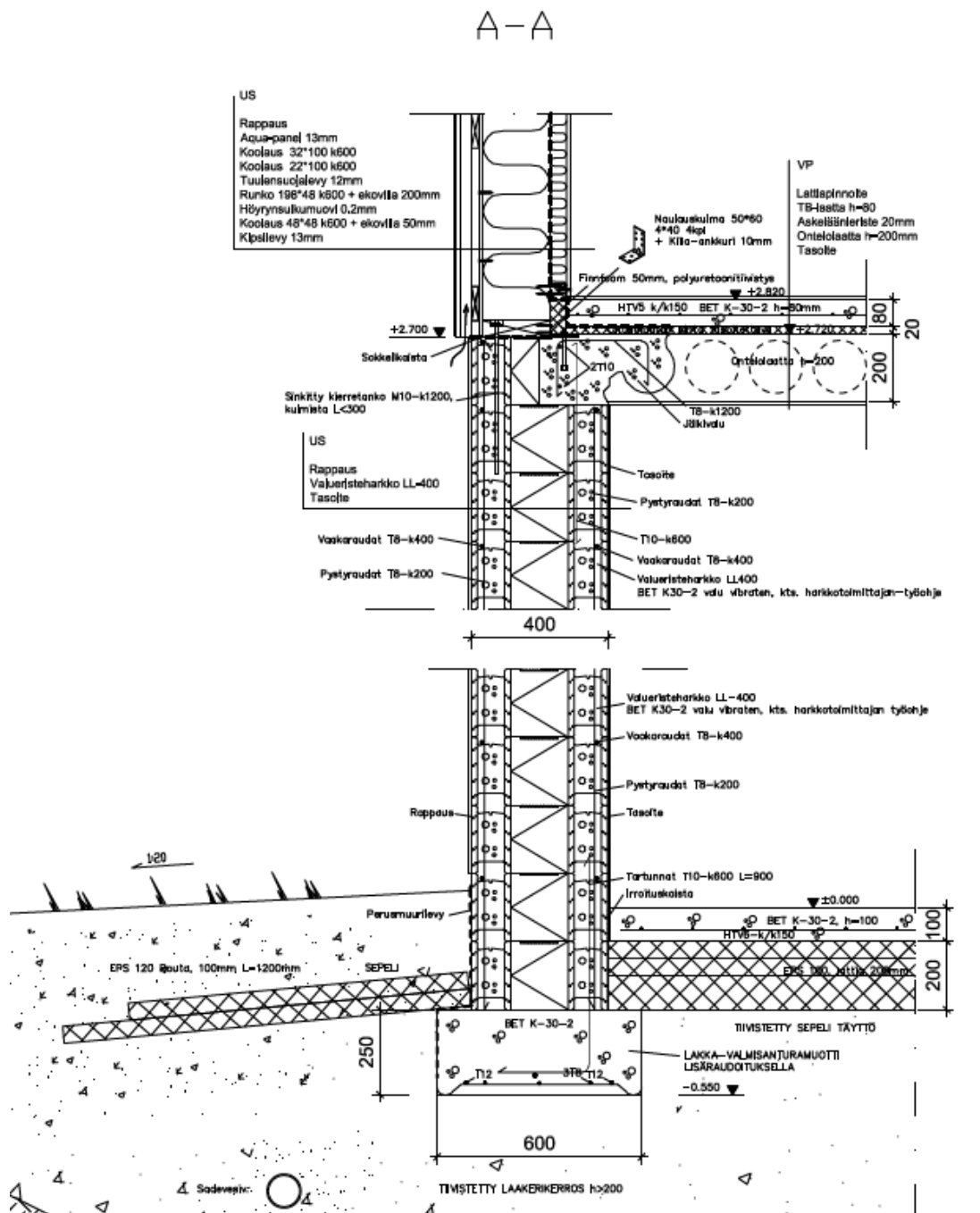
Autotallin yläpuolella olevien asuintilojen välipohjana toimii ontelolaatta askel-läänieristeellä ja betonivalulla (kuva 7). Rakennuksen autotallissa ja asuintiloissa on maanvarainen alapohja, jossa maapohjan päällä on suunnitelmien mukaan 200 mm EPS-eristettä sekä 100 mm betonivalu raudoituksineen. (Kuva 1 ja 2). Lupavaiheen energiatodistuksen mukaan alapohjan U-arvo on  $0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$ .



Kuva 7. Rakennuksen alapohja.

Autotallin ulkoseinärakenteessa on lämpöharkkoa, ulkopinta päällystettiin marmori-  
kivilaattalla. Harkkoon valettu betoni on raudoitettu. (Kuva 8.)

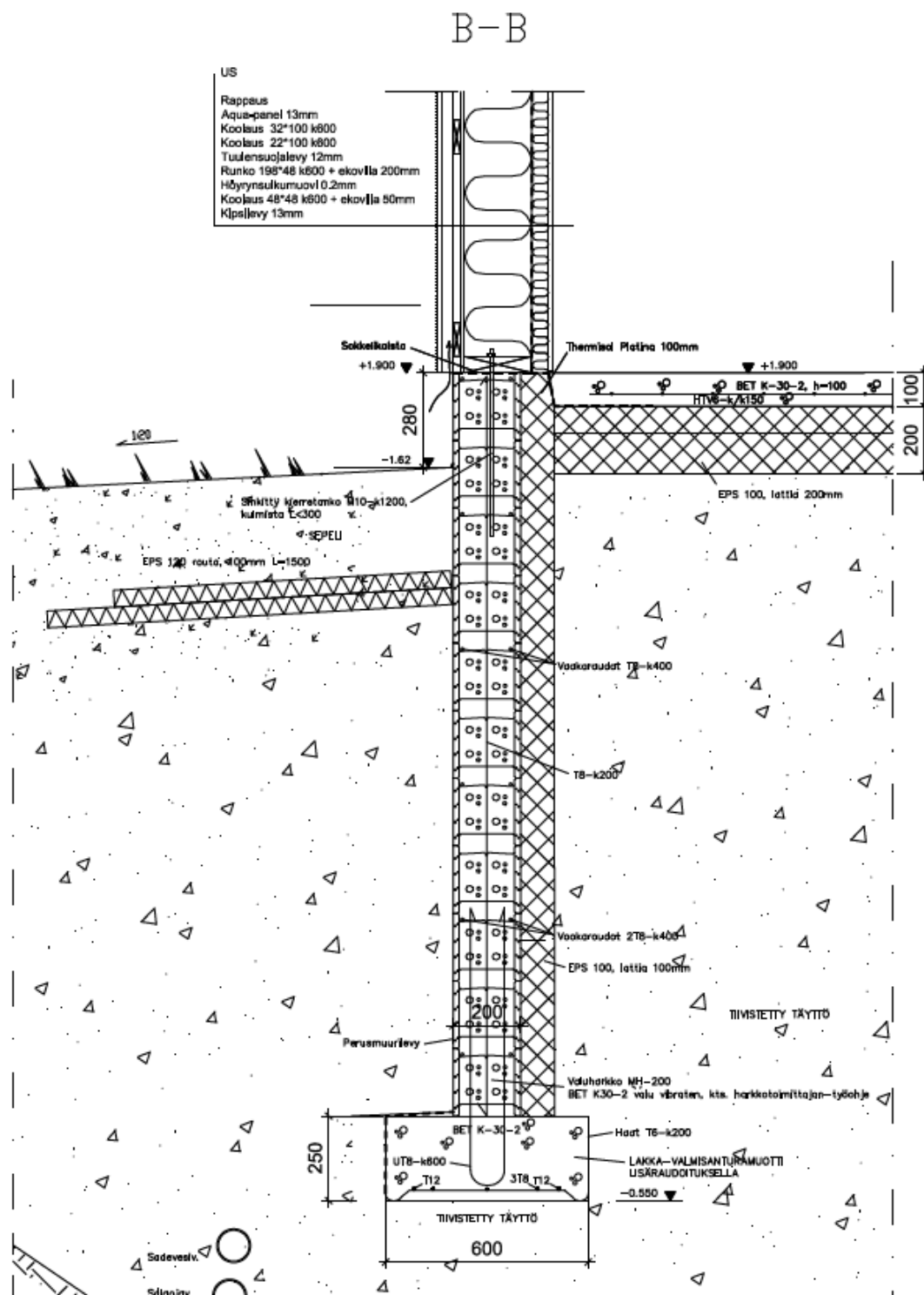




Kuva 8. Autotallin alapohjan sekä autotallin, asuintilojen välipohjan, ulkoseinän sekä autotallin ulkoseinän harkkorakenteen detaljit.

Rakennuksen perusmuuri on valuharkkoa, johon on valettu betoni raudoituksineen. Antura on valettu käyttäen valmisanturamuottia lisäraudoituksineen. Asuintilojen ulkoseinä on puurankarakenteinen. Ulkoseinän ulkopinnassa on rappaus, jonka alla Aquapanel-sementtilevy. Ulkoseinässä on eristeenä puhallettua ekovillaa 200mm ja sisäpuolella höyrynsulkumuovin päällä on 50 mm ekovillalevy. Sisäverhoiluna toimii

kipsilevy. Lupavaiheen energiatodistuksen mukaan ulkoseinän U-arvo on 0,17 W/m<sup>2</sup>K, ikkunoiden 1,0 W/m<sup>2</sup>K ja ovien 1,0 W/m<sup>2</sup>K. (Kuva 9).

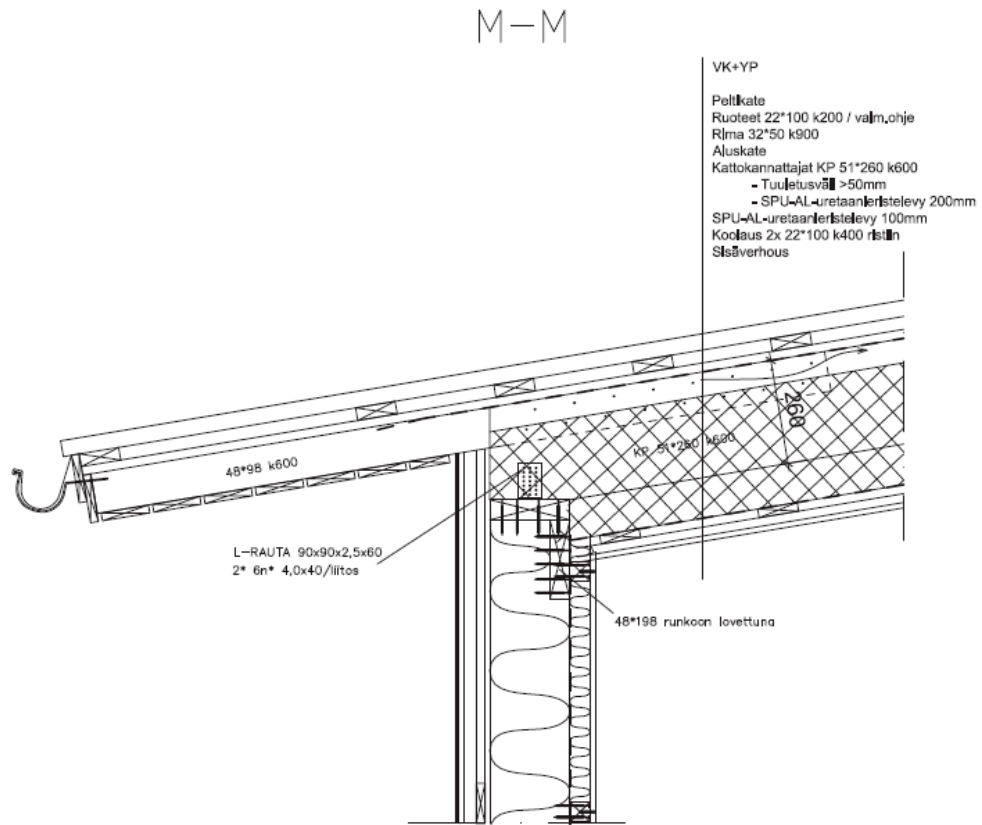


Kuva 9. Muiden asuintilojen alapohjan, perusmuurin sekä ulkoseinärakenteen detaljit

2. kerroksen parven ja teknisten tilojen välipohjassa on lattiakipsilevy sekä vaneri, koolaus, 20 mm askelääneneriste ja mineraalivillaa 150 mm (kuva 10).

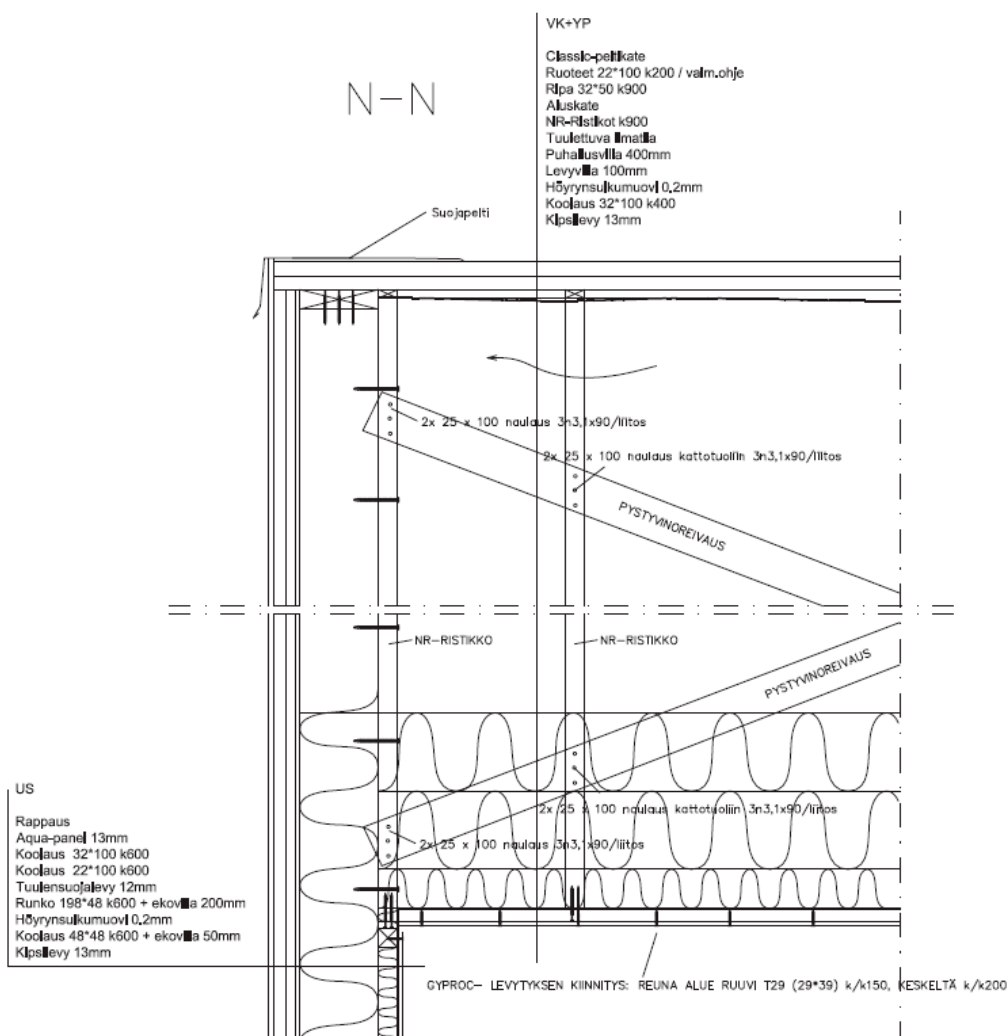


Asuintilojen matalassa osassa on eristeenä ekovillan sijaan käytetty alumiinipinnoitettua SPU-levyä. Vesikatteena on konesaumattu teräskate. Yläpohjan U-arvo lupavaiheen energiatodistuksen mukaan on 0,09 W/m<sup>2</sup>K. (Kuva 12.)



Kuva 12. Matalan osan yläpohjan ja vesikaton detaljikuva

Yläpohjassa suunnitelmien mukaan on lämpöeristeenä puhallettua ekovillaa 400mm sekä koolauksen yhteydessä 100mm ekovilla levy (kuva 13).



Kuva 13. Rakennuksen yläpohja ja vesikate

#### 4.2 Talotekniikka

Päälämmitysjärjestelmänä rakennuksessa on maalämpöpumppu. Maalämpöpumpun lämmönkeruupiiri sijaitsee tontille poratussa lämpökaivossa. Lämpöpumppuna toimii Thermian Diplomat Optimum G3. Maalämpöpumpun yhteydessä on lisäksi 300 litrainen puskurivaraaja. Lämmönjakotapana toimii vesikiertoinen lattialämmitys. Myös viilennys saadaan maalämmön yhteyteen liitetyllä konvektorilla. Rakennuksessa on lisäksi myös 5 kW aurinkosähköjärjestelmäpaketti, joka sisältää 16 kappaletta yksiki-depaneeleita.

Kohteessa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Ilmanvaihtokone on varustettu ristivastavirta-lämmöntalteenottokennolla. Rakennukseen oli alun perin suunniteltu Valloxin 110 MV (25-100 L/s), jonka vuosihyötysuhde on 75 % ja ominaissähköteho 0,9 kW/m<sup>3</sup>/s. Rakennusvaiheessa rakennuttaja halusi vaihtaa tehokkaampaan ilmanvaihtokoneeseen. Rakennukseen asennettu ilmanvaihtokone oli lopulta Valloxin 145 MV (30-140 L/s) ilmanvaihtokoneeseen, jonka vuosihyötysuhde on 75 % ja ominaissähköteho on 0,9 kW/m<sup>3</sup>/s valmistajan tietojen perusteella. Talotekniikkaa ohjaa ABB Free at Home –kotiautomaatio, joka säätelee muun muassa lämmitystä, valaistusta ja ilmanvaihtoa.

## 5 E-LUVUN LASKENTA JA TULOKSET

### 5.1 Kohteen laskennallisen energiatehokkuuden ja E-luku tavoitteen kuvaaminen

Rakennukseen on tehty energiatodistus lupavaiheessa vuonna 2018. Rakennus sijoittui laskennan mukaan B energiatehokkuusluokkaan ja rakennuksen laskennallinen energiatehokkuuden vertailuluku on  $87 \text{ kWh}_e/\text{m}^2$ . Lämmitetyksi nettoalaksi todistuksessa on ilmoitettu  $234 \text{ m}^2$ , tarkistuksen jälkeen rakennuksen lämmitetyksi nettoalaksi laskettiin  $229 \text{ m}^2$ . Energiankäyttö todistuksen mukaan koostuu maalämpöpumpun sähköstä sekä puun poltosta.  $q_{50}$  ilmanvuotolukuna on käytetty arvoa  $4 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$ .

Tarkoituksena oli tarkastella rakennuksen energiatehokkuutta ja selvittää, millä toimin saavutettaisiin energiatehokkuusluokka A. Energiatehokkuusluokka A:n raja-arvo energiatodistuksen mukaan on  $78 \text{ kWh}_e/(\text{m}^2 \text{ a})$ . Tavoitetta pyrittiin saavuttamaan koikeilemalla laskentapalvelut.fi-sivuston työkalulla sellaisia muutoksia, jotka olivat todellisuudessa muuttuneet suunnitelman mukaisista ratkaisuista. Näiden muutoksien lisäksi testattiin sellaisia ratkaisuja, joita on mahdollisimman helppoja ja yksinkertaisia toteuttaa myös todellisessa tilanteessa.

### 5.2 E-luvun laskennan tulokset

Energiatehokkuuden A-luokan tavoittelua lähdettiin hakemaan tiiveysmittauksen kautta. Energiatodistukseen rakennuksen tiiveyden osalta oletusarvon  $4 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$  sijaan oletettiin, että rakennukseen on tehty tiiveysmittaus, jonka tuloksena on saavutettu määräysten mukainen suositusarvo  $1 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$ . Pelkästään ilmanvuotolukua laskemalla, rakennuksen E-luku laski lähelle A-luokan rajaa.

A-energiatehokkuusluokkaa tavoitellessa rakennuksen tiiveyttä kuvaavan arvon lisäksi vaihdettiin ilmanvaihtokone suurempaan. Rakennukseen oli alun perin suunniteltu Valloxin 110 MV (25-100 L/s), jonka rakennuttaja oli rakennusvaiheessa halunnut vaihtaa tehokkaampaan Valloxin 145 (30-140 L/s) ilmanvaihtokoneeseen. Tämän lisäksi tulisijan ja sitä kautta puunpolton huomiotta jättäminen laski E-lukua hieman lisää.

Tavoite saavutettiin yksinkertaisin, realistisesti toteutettavissa olevin toimenpitein. Tiiveysmittauksen voi toteuttaa jo rakennuksen valmistumisvaiheessa, ennen levytystä, jolloin mahdollisia vuotokohtia voi tarkastella lämpökameralla ja niitä on mahdollista vielä korjata. Mittauksen voi myös suorittaa talon valmistuttua. Hyvää rakentamistapaa noudattamalla määräysten mukainen suositusarvo tulisi olla helposti saavutettavissa. Koska keinot A-energiatehokkuusluokan saavuttamiseksi olivat yksinkertaisia, eivät kustannuksetkaan nousseet kovinkaan suuriksi. Tiiveysmittauksen hintaan vaikuttavat kohteen koko ja sijainti, sekä käytettävä kalusto, raportoinnin laajuus sekä tarvittava työvoima, joten tarkkaa hintaa ei työlle voi antaa. Tiiveysmittauksen hinta vaihtelee muutamasta sadasta vajaaseen tuhanteen euroon. (Kodinplaza www-sivut.) Tehokkaampi ilmanvaihtokone oli jo hankittu suunnitelman mukaisen energiatodistuksessa käytetyn ilmanvaihtokoneen sijaan, joten koneesta aiheutuneita kuluja ei mielestäni voi suoraan laskea energiatehokkuusluokan parantamiseen, koska rakentaja oli tehnyt ilmanvaihtokoneen valinnan ensisijaisesti muista syistä.



## 6 PILOTTIKOHTTEEN HIILIJALANJÄLJEN LASKENTA

### 6.1 Laskennan oletukset ja rajaukset

Suunnitelmien mukaan lasketussa yksinkertaistetussa menetelmässä huomioidaan hankekohtaisesti rakennusmateriaalin hankinta, kuljetus ja valmistus sekä ostoenergian päästöt. Materiaalin osalta huomioidaan materiaalin paino, materiaalin vaihtokerat ja päästökerroin. Materiaalien määrät on laskettu rakennuksesta saatujen suunnitelmien perusteella.

Laskenta rajattiin koskemaan ainoastaan päärakennusta, koska saunan rakentaminen ja valmistuminen on epävarmaa ja piirustukset saunarakennuksesta olivat puutteelliset, jotta laskenta olisi voitu niiden perusteella toteuttaa. Tontin osalta laskettiin perustuvaiheeseen liittyvä maan täyttö. Laskentaohjeen mukaan alueen varusteita, kasvillisuutta tai kasvillisuuden tai maaperän muutoksista aiheutuvia ilmastovaikutuksia ei huomioida. Rakennuksesta huomioitiin ne rakenteet, jotka arviointi menetelmässä sisällytetään laskentaan. Materiaalivirtoja laskettaessa tämä huomioidaan siten, että tarvittaessa laskennasta vähennetään saunarakennukseen varattujen lämpöharkkojen määrä. Myöskään pihan kasvillisuutta tai maanparannusta ei laskennassa huomioitu.

### 6.2 Laskennan toteutus ja haasteet

Laskenta päätettiin toteuttaa suunnitelmien mukaisten ratkaisujen perusteella, varhaisen hankevaiheen laskentana. Muun muassa alapohjan ja yläpohjan rakenteet ovat rakennusaikana muuttuneet hieman suunnitelman mukaisista ratkaisuista. Laskenta päätettiin kuitenkin rajaamaan suunnitelmien mukaiseen tietoon, jotta arviointimenetelmän toimivuutta voidaan tarkastella suunnitelmien mukaisella laskennalla, jota tulevaisuudessa toteutettaisiin uudisrakennukseen rakennuslupavaiheessa. Laskennan rajaaminen suunnitelmien mukaisten ratkaisujen perusteella laskettavaksi tuki ajatusta kytkeä rakentamisen hiilijalanjäljen laskeminen ja tuloksen ilmoittaminen lupavaiheeseen energiatodistuksen yhteyteen. Suunnitelmien mukainen laskenta toteutettiin yksinkertaistetun menetelmän avulla.

Rakennusmateriaalin laskenta toteutettiin laskemalla materiaalmäärät olemassa olevista rakennuspiirustuksista, joiden mukaan luotiin materiaaliluettelo. Materiaalit laskettiin rakennusosittain, laskennallinen hukka arvioitiin rakennustöiden menekit 2015 -kirjassa annettujen arvojen perusteella. Materiaalin tiheyden arvona käytettiin arvoja, jotka olivat arviointityökalussa valmiina annettuina.

Materiaalmäärät kirjattiin Excel-taulukkuun, jonka avulla laskettiin materiaalin paino käyttämällä apuna tietoja materiaalin tilavuudesta ja tiheydestä. Ikkunoiden ja ovien kohdalla arviointityökaluun vaadittiin painon sijasta osien pinta-alat. Talotekniikkaosien määrän selvittäminen oli haastavaa, koska kaikille osille ei löytynyt painoa kappaletta tai metrimäärää kohden, eikä tietoa saanut edes kysyttäessä, joten laskennassa päädyttiin, päivitettyä työkalua käytettäessä, laskemaan talotekniset osat ympäristöministeriön ohjeessa annettujen taulukkoarvojen mukaisesti. Lupavaiheessa taloteknisten osien määrittäminen on muutoinkin hankalaa, sillä niitä ei ole lupavaiheessa tarkennettu. Joten taulukkoarvojen käyttö taloteknisten osien päästöjen määrittelyssä on perusteltua myös siltä osin. Excel-taulukkuun lasketut massat ja materiaalien menekit siirrettiin vaaditussa yksikössä arviointimenetelmän Excel-pohjaiseen laskuriin. (Taulukko 5.)

Taulukko 5. Ympäristöministeriön elokuussa 2019 lopussa julkaistun päivitetyn arviointimenetelmän hiilijalanjäljen arviointityökalu.

Materiaaliluettelo				Korvaa taulukkoarvoja tarkemmilla tiedoilla		Pillota tarkennettu laskenta		Tarkennetut kertoimet		Vaihtoehtoiset		
Syötä rakennuksen materiaalitiedot alla olevaan listaan esim. Määräluetteloon perustuen. Hiilijalanjäljen ja -kädenjäljen päästöt muodostuvat automaattisesti, kun määrät on syötetty. Lisää tarvittaessa rivejä kunkin otsakkeen alle 'Lisää rivi' -napilla. Jos tarkempi päästötieto jollekin tuotteelle tai materiaalille on olemassa, voit syöttää sen painamalla 'Korvaa taulukkoarvoja tarkemmilla tiedoilla' -nappia.				Määrä	yk.	kgCO <sub>2</sub> e	kgCO <sub>2</sub> e	Hiilijalanjälki	Hiilijalanjälki	a	kpl	kgCO <sub>2</sub> e
Littera	Rakennusosa	Materiaalin tyyppi	Materiaali									
	Alajuoksu	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	336	kg	31	-521					Ei vaihdeta
	Runkotolpat	PILARIT JA PALKIT	Palkki tai pilari, puu	121	kg	11	-188					Ei vaihdeta
Välipohja	Ontelolaatta	LAATAT	ontelolaatta 200	27 950	kg	4 971						Ei vaihdeta
	Betoni	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Valmisbetoni C35 (portland)	77 812	kg	11 348						Ei vaihdeta
	Raudotus	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Betoniteräs	1442	kg	684						Ei vaihdeta
Yläpohja	Koolauspuut	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	628	kg	58	-373					Ei vaihdeta
	Kattoristikot	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	1357	kg	125	-2 103					Ei vaihdeta
	Kattokannattajat	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	402	kg	37	-623					Ei vaihdeta
	Pystyvinoreivaus	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	1203	kg	111	-1865					Ei vaihdeta
	Jäykistykset	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	751	kg	69	-1164					Ei vaihdeta
	Kannatinpalkki	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	240	kg	22	-372					Ei vaihdeta
Vesikatto	Harvalaudotus	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	241	kg	22	-374					Ei vaihdeta
	Tuuletusrima	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	200	kg	18	-310					Ei vaihdeta
	Kattoruteet	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	460	kg	42	-713					Ei vaihdeta
	Otsalaudat	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	385	kg	34	-566					Ei vaihdeta
	Pilarit	PILARIT JA PALKIT	Palkki tai pilari, puu	49	kg	5	-76					Ei vaihdeta
<b>Total</b>						<b>59 070</b>	<b>-16 728</b>					
						<b>Lisää rivi</b>						

Arviointityökalun taulukkuun nimettiin materiaali, jonka jälkeen valittiin alavetovalikosta todellista materiaalia vastaava materiaalin tyyppi sekä materiaali. Lisäksi oman

laskennan perusteella taulukkoon kirjattiin kyseisen materiaalin paino tai pinta-ala, materiaalin tyypistä riippuen. Päästöarvot valikoituivat materiaaleille materiaalin tyyppi- ja materiaali- sarakkeissa tehtyjen valintojen perusteella. Valitun päästöarvon perusteella laskuri laski kyseisen materiaalin aiheuttamat hiilidioksidiekvivalenttipäästöt sekä mahdolliset positiiviset vaikutukset eli hiilikädenjäljen negatiivisena hiilidioksidiekvivalenttina. Käytön aikainen hiilijalanjälki laskettiin energiaselvityksessä tehtyjen laskelmien mukaisesta vuotuisesta ostoenergiankulutuksesta

Pientalon hiilijalanjäljen laskennan suurin haaste oli materiaalitietojen kerääminen. Tässä pientalohankkeessa ei ollut tehty määrälaskentaa tai mallinnusta, joten tieto materiaalien määristä piti hankkia muulla tavoin. Tässä kohteessa materiaalien määrät laskettiin lupavaiheen piirustuksista mittaamalla ja laskemalla Excel-ohjelmaa apuna käyttäen. Excelin avulla materiaaleista luotiin määräluettelo ympäristöministeriön laskentatyökaluun. Työ vaati aikaa ja virheiden mahdollisuudet ovat suuret. Lisäksi joitain materiaalien määriä oli hankala laskea piirustuksista tarkkaan. Siinä auttoivat rakentamisen eri vaiheista otetut kuvat, kuitenkin mitat näin laskettuna jäivät todennäköisesti vain karkeaksi arvioksi oikeasta määrästä.

### 6.3 Laskentatyökalujen arviointi

Laskenta suoritettiin sekä vanhalla vuoden 2018 lopulla julkaistulla arviointityökalulla, että päivitetyllä, elokuun lopussa 2019 julkaistulla arviointityökalun versiolla. Uudemman laskurin materiaalitiedot olivat kovin suppeat. Materiaaleja oli hankala kohdistaa oikeisiin kohtiin, vaikka osiot olivat jaoteltu Talo 2000 -nimikkeistön mukaan. Muutamia materiaaleja ei saanut laitettua laskuriin ollenkaan, mutta niiden määrät olivat niin vähäiset, että niiden vaikutus tulokseen on vain marginaalinen. Lisäksi tulosten yhteydessä olevat graafiset esitykset eivät olleet todenperäisiä, sillä kaikkia eri rakennusosien materiaaleja ei saanut sijoitettua oikeaan osioon, koska työkalun pudotusvalikossa ei ollut mahdollisuutta valita kyseistä materiaalia.

Vanhassa arviointityökalussa ongelmia aiheuttivat materiaalien tiheyden eri vaihtoehdot, jotka myös poikkesivat eri valmistajien ilmoittamista tiheyksistä sekä materiaaliominaisuuksista, jolloin valmiiksi lasketut materiaalien kilomääriä ei ollut laskettu

sellaisella tiheyden arvolla, joka oli työkalussa vaihtoehtona. Oli kuitenkin hyvä, että jokaisessa osiossa oli mahdollisuus valita kaikista tietokannan materiaalivaihtoehdoista sopivin, mikä helpotti taulukon täyttöä. Uudessa laskentatyökalussa tämä ominaisuus oli huomattavasti suppeampana, mikä hankaloitti päivitetyn version täyttöä. Ehkä tätä ongelmaa ei olisi ollut, jos materiaalit olisi ollut mahdollista kirjata suoraan määrälaskenta-asiakirjoista.

Vanhassa arviointityökalussa haasteita aiheutti taloteknisten osien, kuten erilaisten kaivojen, putkien sekä vastaavien ilmoittaminen kappale- tai metrimäärien sijasta kilogrammoina. Tietoja oli vaikea löytää, eikä niitä aina saanut edes kysymällä. Uudessa laskentaohjeessa ja arviointityökalussa talotekniset osat oli mahdollista ilmoittaa tarkkojen määrien sijaan myös taulukkoarvoilla, mikä helpottaa siltä osin lupavaiheen rakentamisen hiilijalanjäljen laskentaa.

Käytön edetessä arviointityökalun käyttö helpottui. Hyvää arviointityökaluissa lupavaiheen laskentaa ajatellen oli se, että perustiedot antamalla laskuri laski oletukset automaattisesti. Lisäksi laskurista sai perustietojen, materiaalitietojen ja käytönaikaisten tietojen perusteella automaattisesti tuloksen lämmitettyä nettoalaa kohden.

#### 6.4 Ostoenergian hiilijalanjälki

Ostoenergian hiilijalanjälki laskettiin suoraan energiaselvityksessä lasketun vuotuisen ostoenergian mukaan. Arviointityökalut laskivat arviointimenetelmään valitun päästöskenaarion mukaan käytönaikaiset päästöt. Laskuriin syötetään lupavaiheen energiaselvityksessä käytettyjen energiamuotojen kulutusarvot rakennukseen laaditun energiatodistuksen mukaan. Tässä kohteessa se tarkoitti sähkön kulutusta sekä uusiutuvana energianlähteenä takassa lämmitettävää puuta (taulukko 6). Vanhaan arviointityökaluun käyttövaiheen arviointi laskettiin vuotuisen ostoenergiankulutuksen mukaan. Päivitettyyn arviointityökaluun vuotuinen ostoenergiankulutus syötettiin kilowattitunteina per lämmitetty nettoala.

Taulukko 6. Käyttövaiheen päästöjen arviointi uuden arviointityökalun avulla  
**Käyttövaiheen päästöjen arviointi (B)**

Sähkö	64,70	3,11	-	tarkemmilla tiedoilla
Kaukolämpö			-	
Fossiiliset polttoaineet			-	
Uusiutuvat polttoaineet	21,80			
<b>Ylijäämäenergia</b>	<b>Energian tuotanto (kWh/m<sup>2</sup><sub>netto</sub>/a)</b>			
Sähkö			Verkkoon syötetty uusiutuvilla polttoaineilla tuotettu sähkö	
Lämpö			Verkkoon syötetty uusiutuvilla polttoaineilla tuotettu lämpö	
<p>Syötä yllä olevaan listaan rakennuksen laskennallinen vuotuinen ostoenergian kulutus energiaselvityksen tai vastaavan laskelman pohjalta. Energiankäytön päästöt muodostuvat automaattisesti eri energiamuotojen päästötietojen perusteella, kun kulutus on syötetty. Energiamuotojen päästökertoimia ei voi muuttaa.</p> <p>Verkkoon syötetty, tontilla tuotettu, uusiutuva energia huomioidaan kiinteistön hiilikädenjäljessä. Syötä vuotuinen ylijäämäenergia erikseen yllä oleviin kenttiin.</p>				
<b>Korjaukset ja osien vaihdot (B3-4)</b>		0,47	-	Korvaa taulukkoarvot
Osien vaihdot		0,43	-	
Korjausten energiankulutus		0,04	-	
Osien vaihtojen päästövaikutukset muodostuvat automaattisesti välilehdellä 'Materiaaliluettelo' annettujen arvojen perusteella.				

## 6.5 Hiilijalanjälkilaskennan tulokset

### 6.5.1 Laskennan tulokset vanhalla arviointityökalulla

Rakennusmateriaalin hiilijalanjälki vuoden 2018 julkaistun arviointityökalun mukaan on koko laskentajakson ajalta 170 605 kgCO<sub>2e</sub>. Materiaalin osuus hiilijalanjäljestä on 89 289 kgCO<sub>2e</sub>. Tulos koko elinkaaren ajalta on 745 kgCO<sub>2e</sub>/m<sup>2</sup><sub>netto</sub>, tämä tulos on siis ilmoitettu rakennuksen nettoneliötä kohden, joka tarkoittaa noin 9,93 kgCO<sub>2e</sub>/m<sup>2</sup><sub>netto</sub> vuodessa, kun laskenta-aika on 75 vuotta (taulukko 7). Rakennusmateriaalista aiheutuva hiilijalanjälki koostuu tontista, joka on 18,1 % kokonaishiilijalanjäljestä, kantavista rakenteista, jotka kattavat 28,6 % kokonaistuloksesta sekä kevyistä rakenteista ja talotekniikan osuudesta, jotka ovat noin 4,3 % ja 1,3 % kokonaishiilijalanjäljestä. Käytön osuus kokonaispäästöistä on 42,1 %. Lisäksi laskurissa ilmoitetaan päästöt, jotka syntyvät käytön jälkeen, ne muodostavat 4,2 % osuuden kokonaishiilijalanjäljestä.

Kokonaispäästöjen yhteenvetotaulukosta puuttuvat työmaatoimintojen aiheuttamat päästöt, jotka näkyvät arviointityökalun toisessa yhteenvetotaulukossa, josta näkee ennen käyttöä tapahtuvien toimintojen ja materiaalien päästöt (taulukko 7; taulukko 8). Taulukon 8 perusteella työmaatoimintojen aiheuttamat päästöt koko laskenta-ajalta nettoneliötä kohden ovat noin 9,4 kgCO<sub>2e</sub>, joka on noin 1,3 % kokonaispäästöistä. Materiaalien vaihtoja ja mahdollisia elinkaaren aikana tapahtuvia korjauksia ei

laskurissa ole huomioitu. Talotekniikka on arvioitu lupavaiheen piirustuksista materiaalien määrää arvioimalla.

Taulukko 7. Vuoden 2018 lopulla julkaistun arviointityökalun tulokset.

Elinkaariarvioinnin tulokset	Hiilijalanjälki kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> <sub>netto</sub>	Hiilikädenjälki kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> <sub>netto</sub>
<b>Elinkaaren aikana syntyvät päästöt yhteensä (A-D)</b>	<b>745</b>	<b>-110</b>
<b>Päästöt ennen käyttöä (vaiheet A1-5)</b>	<b>399</b>	<b>-110</b>
Tontti	135	0
Kantavat rakenteet	213	-89
Kevyet rakenteet	32	-21
Talotekniikka	10	0
<b>Päästöt käytön aikana (vaiheet B3-4, 6)</b>	<b>314</b>	<b>0</b>
<b>Päästöt käytön jälkeen (vaihe C)</b>	<b>31</b>	<b>0</b>
<b>Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset (D)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Taulukko 8. Ennen käyttöä syntyvien päästöjen yhteenveto arviointityökalun ensimmäisessä versiossa.

	kgCO <sub>2</sub> e	kgCO <sub>2</sub> e
<b>Ennen käyttöä syntyvät päästöt yhteensä</b>	<b>91 450</b>	<b>-25 246</b>
<b>Valmistus ja kuljetusvaihe (A1-4)</b>	<b>89 289</b>	<b>-25 246</b>
Tontti	30 916	0
Kantavat rakenteet	48 740	-20 396
Kevyet rakenteet	7 334	-4 850
Talotekniikka	2 298	0
Valmistusvaiheen päästöjen tulokset muodostuvat automaattisesti välilehdellä "Materiaalit" annettujen arvojen perusteella.		
<b>Työmaatoiminnot (A5)</b>	<b>2 161</b>	<b>0</b>
Työmaatoimintojen arvot perustuvat neliömetrikohtaiseen taulukkoarvoon.		

### 6.5.2 Laskennan tulokset päivitetyllä arviointityökalulla

Päivitetyn, elokuussa julkaistun arviointityökalun avulla lasketut, koko elinkaaren aikaiset, 50 vuoden laskenta-ajalla syntyneet päästöt ovat yhteensä 144 tnCO<sub>2</sub>e. Vuodessa lämmitettyä nettoneliötä kohden kokonaistulos on 12,58 kgCO<sub>2</sub>e. Materiaalin osuus tästä kokonaishiilijalanjäljestä on 89 097 kgCO<sub>2</sub>e, käytön aikaiset päästöt ovat 40 991 kgCO<sub>2</sub>e. Lisäksi laskurin mukaan päästöjä aiheutuu käytön jälkeen purkamisesta yhteensä 7671,5 kgCO<sub>2</sub>e (taulukko 9).

Materiaalin osuus jakautuu samalla tavalla eri osiin kuten laskurin vanhemmassa osiossa. Prosentuaaliset osuudet eri osille jakautuvat seuraavasti: Tontti 2,3 %, kantavat rakenteet 41 %, vaippa 6,1 %, kevyet rakenteet 9,94 %, talotekniikka 2,54 %, käyttö 28,2 % ja purkaminen 5,3 %. Materiaalien päästöt sisältävät myös elinkaaren aikaisista materiaalin vaihdoista ja korjauksista aiheutuvat päästöt. Vuoden 2019 päivitetystä versiossa talotekniikka on laskettu taulukkoarvoilla.

Taulukko 9. 30.8.2019 Julkaistun päivitetyn arviointityökalun avulla laskettu rakentamisen hiilijalanjälki.

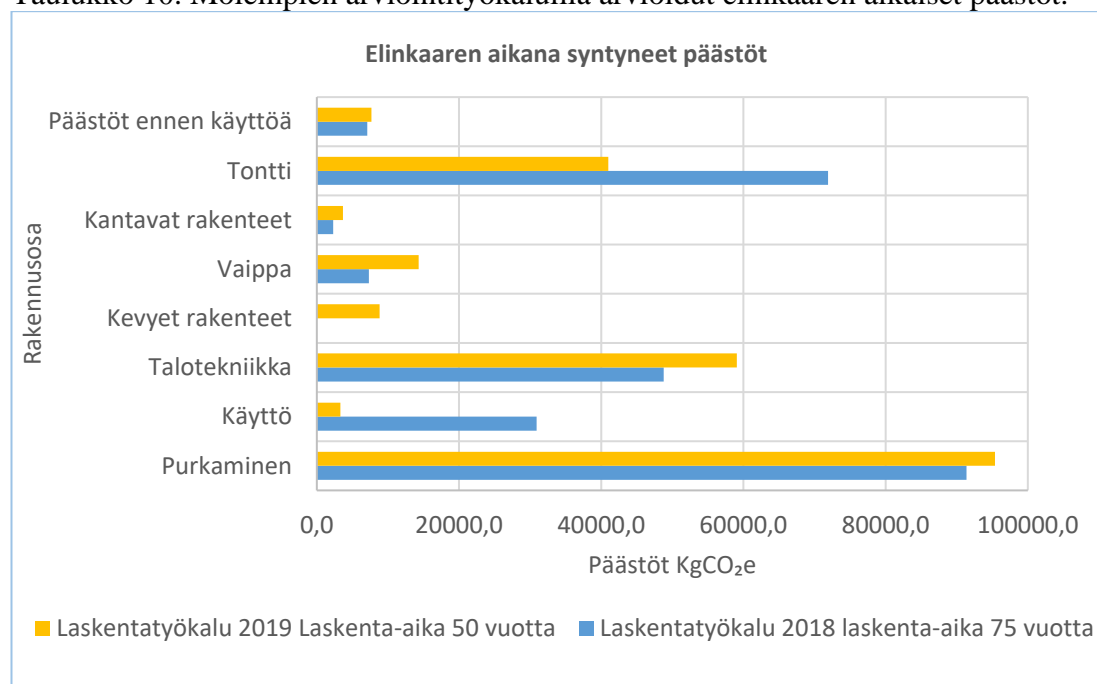
Elinkaariarvioinnin tulokset	Hiilijalanjälki	Hiilikädenjälki
	tn CO <sub>2</sub> e	tn CO <sub>2</sub> e
Elinkaaren aikana syntyvät kokonaispäästöt (A-D)	144	-25
	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> <sub>netto</sub> /a	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> <sub>netto</sub> /a
Vuotuiset päästöt lämmitettyä nettoalaa kohden (A-D)	12,58	-2,19
Valmistus, kuljetus ja työmaa (vaiheet A1-5)	8,33	-2,19
Tontti	0,29	
Kantavat rakenteet	5,16	-1,46
Vaippa	0,77	
Kevyet rakenteet	1,25	-0,73
Talotekniikka	0,32	
Käyttö (vaiheet B3-4, 6)	3,58	
Purkaminen (vaihe C)	0,67	
Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset (D)		

### 6.5.3 Arviointityökalun ensimmäisen ja päivitetyn version vertailu

Arviointityökalujen ilmoittamia tuloksia on vertailtu taulukoissa 10 ja 11. Kokonaispäästöjen ero johtuu laskenta-ajan pituudesta. Jos vuoden 2018 päästöarvo suhteutettaisiin 50 vuoden laskenta-ajalle, kokonaispäästöt vuodessa lämmitettyä nettoalaa kohden olisivat 14,85 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup><sub>netto</sub>/a. Vanhemmalla versiolla laskettu kokonaishiilijalanjälki on siis 2,27 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup><sub>netto</sub>/a suurempi. Tämä ero selittyy lähes kokonaan sillä, että päivitetystä versiossa käytetty skenaario päästökertoimille pienentää käytön aikaista hiilijalanjälkeä. Eri arviointityökaluversioilla laskettu käytön aikaisten päästöjen ero on 30915 kgCO<sub>2</sub>e, joka on 2,7 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup><sub>netto</sub>/a laskettuna viidenkymmenen vuoden laskenta-ajalla. Jos siis vuoden 2019 laskentatyökalulla käytettäisiin samoja päästöarvoja kuin vanhemmassa versiossa, eroaisivat työkaluilla tehdyt laskennat toisistaan vain 0,43 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup><sub>netto</sub>/a.

Päivitetystä versiossa päästökertoimet pienenevät vuosikymmenittäin vuosien 2030-2120 välisenä aikana. Rakennuksessa on lämmitysmuotona maalämpö, joten sähkön päästökerroin vaikuttaa merkittävästi rakennuksen käytönaikaiseen hiilijalanjälkeen. Ennen käyttöä ilmoitettuihin päästöihin vaikutti se, että päivitetystä arviointityökalussa on huomioitu materiaalien päästöjä laskettaessa myös elinkaaren aikaiset materiaalien vaihdot ja korjaukset. Päivitetyn laskurin mukaan vaihdot ja korjaukset aiheuttavat päästöjä 4928 kgCO<sub>2e</sub>. Tämä tarkoittaa 21,5 kgCO<sub>2e</sub>/m<sup>2</sup><sub>netto</sub> ja jaettuna laskenta-ajalla, yhden vuoden vaihtojen ja korjausten aiheuttamat päästöt ovat 0,43 kgCO<sub>2e</sub>/m<sup>2</sup><sub>netto</sub>. Vaikka laskureiden laskenta-ajassa on ero, voi taulukosta silti huomata, että lukemat ovat samaa suurusluokkaa, kun ne ovat suhteutettu nettoneliöihin ja ilmaistu vuotta kohden. Taulukossa 10 nähtävissä olevat erot eri rakennusosien kohdalla johtuu siitä, että päivitetty arviointityökalu on sidottu Talo 2000 määrälaskentaohjeeseen ja vanhassa versiossa laskuria pystyi muokkaamaan paremmin omien tarpeiden mukaan.

Taulukko 10. Molempien arviointityökaluilla arvioidut elinkaaren aikaiset päästöt.





Taulukko 11. Molempien arviointityökalujen ilmoittamat päästöt ilmoitettuna koko elinkaaren aikaisina päästöinä, päästöinä lämmitettyä nettoalaa kohden vuodessa sekä prosenttiosuuksina suhteutettuna koko elinkaarenaikaisiin kokonaispäästöihin.

Elinkaaren aikana syntyneet päästöt	Laskentatyökalu 2018 laskenta-aika 75 vuotta	Laskentatyökalu 2019 Las- kenta-aika 50 vuotta
<b>Kokonaispäästöt [KgCO<sub>2</sub>e]</b>	170605,0	144000,0
Kokonaispäästöt yhden vuoden ajalta lämmitettyä nettoalaa kohden [kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> netto/a]	9,9	12,6
<b>Päästöt ennen käyttöä yhteensä [KgCO<sub>2</sub>e]</b>	91371,0	95378,5
Päästöt ennen käyttöä vuodessa lämmitettyä nettoalaa kohden [kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> netto/a]	5,3	8,3
Prosenttiosuus kokonaispäästöistä [%]	53,56 %	66,22 %
<b>Tontti [KgCO<sub>2</sub>e]</b>	30915,0	3320,5
Tontti päästöt vuodessa lämmitettyä nettoalaa kohden [kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> netto/a]	1,8	0,3
Prosenttiosuus kokonaispäästöistä [%]	18,12 %	2,31 %
<b>Kantavat rakenteet [KgCO<sub>2</sub>e]</b>	48777,0	59082,0
Kantavat rakenteet päästöt vuodessa lämmitettyä nettoalaa kohden [kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> netto/a]	2,8	5,2
Prosenttiosuus kokonaispäästöistä [%]	28,59 %	41,02 %
<b>Vaippa [KgCO<sub>2</sub>e]</b>		8816,5
Vaippa päästöt vuodessa lämmitettyä nettoalaa kohden [kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> netto/a]		0,8
Prosenttiosuus kokonaispäästöistä [%]		6,12 %
<b>Kevyet rakenteet [KgCO<sub>2</sub>e]</b>	7328,0	14312,5
Kevyet rakenteet päästöt vuodessa lämmitettyä nettoalaa kohden [kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> netto/a]	0,4	1,3
Prosenttiosuus kokonaispäästöistä [%]	4,30 %	9,94 %
<b>Talotekniikka [KgCO<sub>2</sub>e]</b>	2290,0	3664,0
Talotekniikka päästöt vuodessa lämmitettyä nettoalaa kohden [kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> netto/a]	0,1	0,3
Prosenttiosuus kokonaispäästöistä [%]	1,34 %	2,54 %
<b>Käyttö [KgCO<sub>2</sub>e]</b>	71906,0	40991,0
Käytön aikaiset päästöt vuodessa lämmitettyä nettoalaa kohden [kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> netto/a]	4,2	3,6
Prosenttiosuus kokonaispäästöistä [%]	42,15 %	28,46 %
<b>Purkamisen [KgCO<sub>2</sub>e]</b>	7099,0	7671,5
Purkamisen päästöt vuodessa lämmitettyä nettoalaa kohden [kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> netto/a]	0,4	0,7
Prosenttiosuus kokonaispäästöistä [%]	4,16 %	5,33 %
<b>Jätteiden lajittelun päästöt</b>	280,0	280,0
Prosenttiosuus kokonaispäästöistä [%]	0,16 %	0,19 %

#### 6.5.4 Hiilikädenjälki

Rakennushankkeen aikana syntyneet ilmastohyödyt eivät poikenneet uuden ja vanhan laskentatyökalun välillä. Elinkaaren aikaiset ilmastohyödyt olivat laskentatyökalun mukaan  $-25 \text{ tnCO}_2\text{e}$ . Saavutetut hyödyt, ovat tässä tapauksessa noin 17 % kokonaispäästöistä. Nämä hyödyt syntyivät rakennuksessa käytetystä puumateriaalista. Kantavat rakenteet eli rakennuksen puurungon osuus oli  $-1,46 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^2$ . Kantavien rakenteiden lisäksi kevyet rakenteet saivat aikaan ilmastohyötyjä, näissäkin rakenteissa ilmastohyödyn mahdollistaja oli puun hiilivarasto. Betonin karbonatisoitumista ei laskentatyökalussa otettu huomioon eikä sitä lähdetty erikseen laskemaan.

#### 6.5.5 A-energiatehokkuusluokan saavuttamisen vaikutukset hiilijalanjälkeen

Lupavaiheen energiatodistuksen mukaan laskettu käytönaikainen hiilijalanjälki on  $3,58 \text{ kgCO}_2\text{/m}^2\text{/a}$ . Käytön osuus on lähes 30 % kokonaishiilijalanjäljestä. A-energiatehokkuusluokan mukaisen energiankulutuksen perusteella laskettu käytön aikainen hiilijalanjälki on  $0,38 \text{ kgCO}_2\text{/m}^2\text{/a}$  pienempi kuin alkuperäisen lupavaiheen energiatodistuksen energiankulutuksen mukaan lasketulla hiilijalanjäljellä. Koska lukema kertoo ekvivalenttiset hiilidioksidipäästöt nettoneliötä kohden, tarkoittaa tämä pilottikohteen kokoisessa rakennuksessa  $87 \text{ kgCO}_2\text{/a}$ . Koko laskentajakson aikana hiilijalanjäljen näkökulmasta A-energiatehokkuusluokan saavuttaminen tarkoittaa laskennallisesti  $4350 \text{ kg}$  pienempiä hiilidioksidiekvivalenttipäästöjä. A-energiatehokkuusluokan mukaisen energiankulutuksen laskettu käytönaikainen hiilijalanjälki on noin 26 % koko vuotuisesta rakennuksen hiilijalanjäljestä ja tavoitteen saavuttaminen laskee käytön aikaisia hiilidioksidipäästöjä noin 10 %.

Rakennuksen vuotuinen ostoenergiankulutus lupavaiheessa tehdyn energiatodistuksen mukaan oli  $19827 \text{ kWh}$ . Sähkön osuus kokonaiskulutuksesta oli  $14826 \text{ kWh/a}$  ja uusiutuvan polttoaineen osuus  $5001 \text{ kWh/a}$ . A-energiatehokkuusluokan ostoenergiankulutuksella sähkön laskettu kulutus on  $13013 \text{ kWh/a}$  ja puulämmityksellä se on  $5001 \text{ kWh/a}$ . Ostoenergian hiilijalanjälkeä laskettaessa tulee käyttää laskennallista ostoenergiankulutusta, joka ei ole painotettu valtioneuvoston määrittelemillä energiamuodon kertoimilla. Lisäksi testattiin takan vaikutusta ostoenergian määrään ja näin ollen hiilijalanjälkeen. Lupavaihetta mukaillun energiatodistuksen ostoenergiankulutus ilman

takan huomioimista oli 16036 kWh/a, joka koostui kokonaan sähkön kulutuksesta. A-energiatohokkuusluokan energiatodistuksessa ostoenergiankulutus ilman takan huomioimista laskennassa oli 14223 kWh. Takan vaikutuksen huomiotta jättäminen laskee hieman E-lukua. Taulukossa 12 on esitetty takan vaikutus molemmissa energiatodistusvaihtoehdoissa. Kun käytönaikaiset päästöt vuodessa ovat noin 3-5 kgCO<sub>2e</sub>/m<sup>2</sup>, vaikuttaa takan huomioon ottaminen energiatodistuksessa hiilijalanjälkeen 5-10 % vähentävästi. Tulisijan ottaminen huomioon E-lukua laskettaessa nostaa hieman E-lukua.

Taulukko 12. Muutokset hiilijalanjäljessä, kun E-luvun laskennassa on huomioitu tai jätetty huomioimatta tulisijan vaikutus.

Käytön aikainen hiilijalanjälki	Ostoenergia sähkö	Ostoenergia puu	Vuoden 2018 Arviointimenetelmä laskettu hiilijalanjälki [kgCO <sub>2e</sub> /m <sup>2</sup> netto/a]	Vuoden 2019 päivitetty arviointimenetelmä laskettu hiilijalanjälki [kgCO <sub>2e</sub> /m <sup>2</sup> netto/a]	E-luku
Lupavaihetta mukailtu energiatodistus	14826	5001	4,19	3,58	87
Laskenta ilman tulisijan vaikutusta	16036	0	4,53	3,83	83
Vaikutus koko laskenta-ajalla			0,35	0,25	
Vaikutus koko laskenta-ajalla [KgCO <sub>2e</sub> ]			5954,00	2862,50	
A-energiatohokkuusluokka saavutettu	13013	5001	3,68	3,20	78
Laskenta ilman tulisijan vaikutusta	14223	0	4,03	3,45	73
Vaikutus koko laskenta-ajalla			0,35	0,25	
Vaikutus koko laskenta-ajalla [KgCO <sub>2e</sub> ]			5954,00	2862,50	

#### 6.5.6 Rakennusjätteen hiilijalanjälki

Lajitellun rakennusjätteen hiilijalanjälki L & T:n Ympäristönetti-palvelun perusteella oli 280 kgCO<sub>2e</sub>. Lukema on suuri, jos se suhteutetaan hiilijalanjälkilaskelmien vuotuisiin tuloksiin. Pilottikohteen laskennalliset hiilidioksidipäästöt vuoden ajalta ovat päivitetyn arviointityökalun mukaan 2885,4 kgCO<sub>2e</sub>. Rakennusjätteen osuus vuotuisista päästöistä on lähes 10 %. Koko elinkaarenaikaisista päästöistä jätteiden osuus on vähäinen, eikä vaikuta juurikaan kokonaispäästöjen suurusluokkaan.

Sekajätteen osalta ei saatu tietoja hiilijalanjäljen suuruudesta. Sekajätteen määrä oli hieman alle viidesosa verrattuna L & T:n keräämään lajiteltuun jätteeseen. Sekajäte kuljetettiin polttoon, joten sen aiheuttama hiilijalanjälki muodostui kuljetuksesta jätteenpolttolaitokselle sekä jätteen polton aiheuttamista päästöistä. Rakennusjätteestä noin kolmannes oli pakkausjätettä, joiden kierrätyksestä saatavia hyötyjä ei kuitenkaan voisi huomioida varsinaisessa rakennuksen hiilijalanjäljen laskennassa, koska ohjeen mukaan hyöty lasketaan niille materiaaleille ja rakennusosille, jotka ovat huomioitu rakennuksen ekvivalenttisia hiilidioksidipäästöjä laskettaessa.

## 7 RAKENTAMISEN JÄTTEIDEN SEURANTA

Jätteiden lajittelu aloitettiin rakennuksen rakennustyömaalla helmikuussa 2019. Työmaalla oli jo aloitettu perustusten teko, kun jätteiden keruu ja lajittelu saatiin käyntiin. Jättemääriä seurattiin 30.4.2020 asti. Rakennuttajan kanssa sovittiin, miten jätteiden lajittelu ja keruu onnistuvat ja miten jäteasiat tontille sijoitettaisiin siten, että ne ovat sekä työmaalla työskentelevien saavutettavissa että jäteyhtiön helposti tyhjennettävissä. (kuva 14; kuva 15). Lisäksi työmaalla pyrittiin varmistumaan siitä, että jätteet kulkeutuisivat oikeisiin astioihin muun muassa perehdyttämällä urakoitsijat jätteiden lajitteluun. Hankkeen edetessä päävastuu jätteiden lajittelusta siirtyi selkeästi rakennuttajalle, joka viime kädessä varmistui, että jätteet kulkeutuisivat mahdollisimman tarkasti oikeisiin keräysastioihin.

### 7.1 Syntypaikkalajittelu

Circwaste -osahankkeen edustajan, rakennuttajan ja Lassila & Tikanoja Oyj:n edustajan kesken sovittiin jätteiden keruusta. L & T järjesti rakennustyömaalle sopimuksen mukaisesti keräysastiat eri jätejakeille. Sopimuksen mukaisesti työmaalle toimitettiin keräysastiat kierrätettävälle puulle, joka tarkoittaa rakennustyömaan aikana syntynyttä puujätettä, jossa ei ole vierasesineitä, likaa tai esimerkiksi betonin jäämiä. Lisäksi työmaalle järjestettiin keräysastiat kierrätyspahville ja paperille, kiviainekselle, kipsilevyjätteelle, energiajätteelle, biojätteelle sekä erilliset astiat niin kirkkaalle kuin värilliselle LPDE-kalvomuoville. Kuormalavoille ei järjestetty erillistä keräysastiaa, Lassila & Tikanojan edustajan kanssa sovittiin, että yhtiö keräisi ne kierrätettäväksi. (kuva 14; kuva 15; taulukko 13.)

Sekajätejakeen keräystä ei järjestetty L & T:n kautta, koska jätteiden keräyksen onnistuessa optimaalisesti sekajätettä ei pitäisi kertyä lainkaan. Mahdollinen sekajäte sovittiin kerättäväksi rakennuttajan jo aiemmin Veikko Lehti Oy:n kanssa solmitun sopimuksen mukaisesti. Vaarallista jätettä koettiin tulevan niin vähäisesti, että kyseisen jätteen kerääminen ja hävittäminen jätettiin rakennuttajalle. Jätteiden määriä seurattiin siten, että L&T punnitsi kaikki noudetut jätteet ja raportoi kertyneen jätteen määrän jätejakeittain Ympäristönetti-palvelussaan.

Taulukko 13. Pilottikohteen ja L &amp; T:n palvelusopimuksessa eritellyt jätejakeet ja keräysastiat sekä jätteiden keräyksen hinnoittelu.

Jätejakee	Keräysväline	Määrä (kpl)	Palvelurytmi	Tyhjennys hinta	Jätteenkäsittely hinta	Keräysvälineiden vuokra (L & T:n astiat)	Lisäpalvelut	Keräysvälineiden toimitushinta [€/kpl]
Kierrätettävä puu	Vaihtolava 16 m <sup>3</sup>	1	Tilauksesta	100 €/kpl	50 €/tn	0,00 €/kk	Punnitus 12,00 €	30,00 €/kpl
Kierrätyspahvi ja paperi	Etukuormaussäiliö 8 m <sup>3</sup>	1	Tilauksesta	15 €/kpl	0,00 €/tn	0,00 €/kk	Punnitus 0,00 €	30,00 €/kpl
Energiajakee	Etukuormaussäiliö 8 m <sup>3</sup>	1	Tilauksesta	15 €/kpl	91,00 €/tn	0,00 €/kk	Punnitus 0,00 €	30,00 €/kpl
Kipsilevyjäte	IBC-kontti 1000l	1	Tilauksesta	25 €/kpl	55,00 €/tn	0,00 €/kk	Punnitus 12,00 €	10,00 €/kpl
Metalli	IBC-kontti 1000l	1	Tilauksesta	25 €/kpl		0,00 €/kk	Punnitus 12,00 €	10,00 €/kpl
Kiviaines	IBC-kontti 1000l	1	Tilauksesta	25 €/kpl	35,00 €/tn	0,00 €/kk	Punnitus 12,00 €	10,00 €/kpl
LDPE-kalvomuovi kirkas	Muovinkeräysastialine	1	Tilauksesta	3,5 €/säkki	0,00 €/kpl	0,00 €/kk	Muovinkeräyssäkki 0,00 €/kpl	10,00 €/kpl
LPDE-kalvomuovi värillinen	Muovinkeräysastialine	1	Tilauksesta	3,5 €/säkki	0,00 €/kpl	0,00 €/kk	Muovinkeräyssäkki 0,00 €/kpl	10,00 €/kpl
Biojäte	Astia 240 l	1	Joka 2. viikko	3 €/kpl	4,00 €/kpl	0,00 €/kk		10,00 €/kpl
Kuormalavat (EUR ja FIN)	Ei keräysvälinettä		Tilauksesta	25 €/kuorma	0,00 €/kpl	0,00 €/kk		
Vaaralliset jätteet								
Aerosolijäte kiinteä	Astia 240 l	1	Tilauksesta	105 €/kpl	0,00 €/kpl	0,00 €/kk	0,00	10,00 €/kpl
Maalijäte kiinteä	Astia 240 l	1	Tilauksesta	125 €/kpl	0,00 €/kpl	0,00 €/kk	0,00	10,00 €/kpl





Kuva 14. Pilottikohteen kirkkaan ja värillisen muovin, pienmetallin, pahvin sekä energiajätteen (vasemmalta oikeaan lueteltuna) keräyspisteet



Kuva 15. Pilottikohteen puun, kipsilevyn sekä kiviäjätteen keräyspisteet.

## 7.2 Rakennusjätteen hyödyntäminen

Tutkittavan pilottikohteen ulkopinnassa on käytetty seka-aineista, lasikuituverkolla vahvistettua, Aquapanel-sementtilevyä. L & T:n edustaja neuvoi kierrättämään materiaalin kipsilevyjen kanssa samaan jakeeseen, jolloin mahdollisuus hyödyntää kipsilevy materiaalina hankaloitui entisestään. Sementtilevyjen asennus ajoittui hankkeessa ajankohtaan ennen kipsilevyjen asennusta, jolloin olisi ollut mahdollista noutaa sementtilevyjäte ennen kipsilevyjätteen syntymistä ja siten hyödyntää ja käsitellä toisistaan poikkeavat materiaalit erikseen. Kipsilevyjen hyödyntämiseen olisi muutoinkin ollut hyvä käyttää suojattua astiaa, jolla varmistetaan, ettei jäte pääse kastumaan tai likaantumaan.

Jätehuoltoyhityön kanssa toteutettu yhteistyö oli ajoittain haasteellista ja johti muun muassa siihen, että eri jätejakeita kerättiin samaan astiaan. Jäteastioiden tyhjennysten viivästyminen aiheutti myös haittaa työmaalla, koska tontilla ei ollut ylimääräistä tilaa varastoida syntyvää jätettä. Ongelmana oli lähinnä kipsi- ja sementtilevyjätteiden keräämiseen liittyvät haasteet. Jätteiden lajittelu onnistui rakennushankkeen alkuvaiheessa hyvin, mutta hankkeen edetessä kivijätteen keräysastiaan oli laitettu kiviaineksen lisäksi muovia sekä paperia. Rappauksen jälkeen oli tarkoitus, että rappauksen suorittava osapuoli hoitaa rappauksesta syntyneet jätteet, mutta lopulta rakennuttaja lupasi hoitaa ja lajitella rappauksesta syntyneen jätteen. Suurin osa rappauksessa syntyneestä jätteestä oli niin likaantunutta, ettei sitä voinut kierrättää, vaan jätteet kerättiin energijätejakeen joukkoon. Tämän lisäksi eräiden jätejakeiden, kuten viemäriputkien materiaalien tunnistaminen oli hankalaa, koska hukkapaloissa ei välttämättä löytynyt enää merkintöjä materiaalin laadusta.

## 7.3 Rakennusjätteen määrät ja loppusijoitus

Rakennukseen hankittuja materiaaleja seurattiin rakennuttajalta saatujen kuittien avulla. Kuitit on skannattu ja taulukoitu Excel-taulukkoon. Excel-taulukon perusteella pystyttiin määrittelemään materiaalivirrat jätejakeittain, jolloin niitä voidaan verrata L & T:ltä saatuihin tietoihin eri jätejakeiden määrästä. Kuitteja ei kuitenkaan saatu kaikesta materiaalista, joten tällä tavoin arvioitu materiaalien määrä oli hyvin puutteellinen. Lisäksi kuiteista saatavissa tiedoissa oli tuotteen materiaalien määrittelyn



kannalta tietoja hyvin suppeasti. Kuitenkin esimerkiksi harkkojen, Aquapanel-sementtilevyjen sekä kipsilevyjen osalta arvioita pystyi tekemään, koska kuitit näistä hankinnoista saatiin jo rakennushankkeen keskivaiheilla ja näiden tuotteiden materiaalisältö oli selkeä.

Rakennuksesta poistunut jäte kirjattiin Lassila & Tikanojan ympäristönetti-palveluun. Jätekirjanpidossa ilmoitettiin jätelaji, jätteen määrä tuhatta kiloa kohden sekä jätteen käsittelytapa. (Taulukko 14.) Lisäksi kirjanpidosta kävi ilmi, missä suhteessa kerätystä jätteestä on päätyntä kierrätykseen, läjitykseen sekä muuhun sijoitukseen. Muu sijoitus tarkoitti tässä kohtaa jätteen hyödyntämistä energiana. Jätteiden määristä, syntypaikalajittelun onnistumisesta sekä jätteen hyödyntämisestä käytiin useita keskusteluja rakennuttajan kanssa.

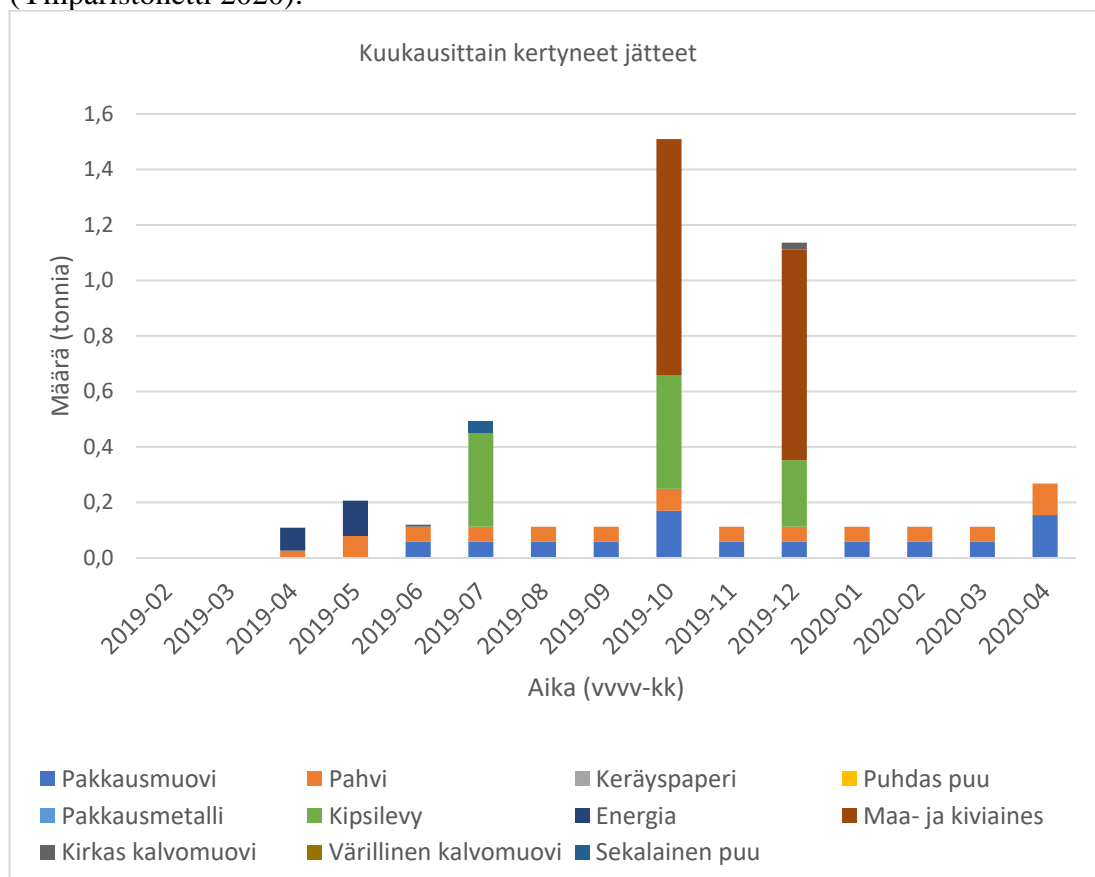
Taulukko 14. Jätekirjanpito ajalta 1.2.2019-30.4.2020 (Ympäristönetti 2020)

Jätelaji	Määrä [tn]	Käsittelytapa	Vastaanottaja
Maa- ja kiviaines	1,61	Kaatopaikkasijoitus	Tilauksesta
Kipsilevy puhdas	0,99	Jätteiden varastointi ennen kierrätystä	Lassila & Tikanoja Oyj, Nakkila
Kierrätysmuovit lajittelematon	0,86	Jätteiden varastointi ennen kierrätystä	Veikko Lehti Oy, Pori
Ruskea pahvi ja kartonki irto	0,77	Orgaanisen jätteen kierrätys ja valmistelu uudelleenkäyttöön	Corenso United Oy Ltd, Pori
Energiajäte	0,21	Jätteiden varastointi ennen kierrätystä	Lassila & Tikanoja Oyj, Nakkila
Sekalainen puu	0,04	Jätteiden varastointi ennen kierrätystä	Porin jätehuolto, liikelaitos, Luvia
Kalvomuovi	0,03	Jätteiden varastointi ennen kierrätystä	Lassila & Tikanoja Oyj, Nakkila
<b>Yhteensä</b>	<b>4,51</b>		

Suurin yksittäisistä jätėjakeista painon mukaan määriteltyä oli maa- ja kiviaines, jota syntyi hankkeen aikana 1,61 tonnia. Kipsilevyjätettä syntyi 0,99 tonnia. Gyproc GEKE 13 Erikoiskova -kipsilevyn tiheys on 9,9 kg/m<sup>2</sup> (Gyproc www-sivut 2019). Erikoiskovaa kipsilevyä käytettiin sisäseinien levytyksissä. Tämän arvon perusteella arvioiden kipsilevyjätettä syntyi noin 100 m<sup>2</sup>. Pakkausmuovia ja pahvia, joka rakennuttajan mukaan suurimmaksi osaksi oli pakkausmateriaaleista syntynyttä, oli yhteensä 1,6331 tonnia. Kun laskelmissa huomioidaan toisen jätehuoltoyhtiön keräämä jäte, on

kokonaisjättemäärä 5,3597 tonnia. Maa- ja kiviaineksen, kipsilevyjätejakeen, pakkausmuovin ja pahvin prosentuaaliset osuudet olivat seuraavat: maa- ja kiviaines 30 %, kipsilevy 18,5 % sekä pahvi ja pakkausmuovi 30,5 %. (taulukko 15.)

Taulukko 15. Kertyneet jätteet jätejakeittain ajalta 1.2.2019 – 30.4.2019 (Ympäristönetti 2020).



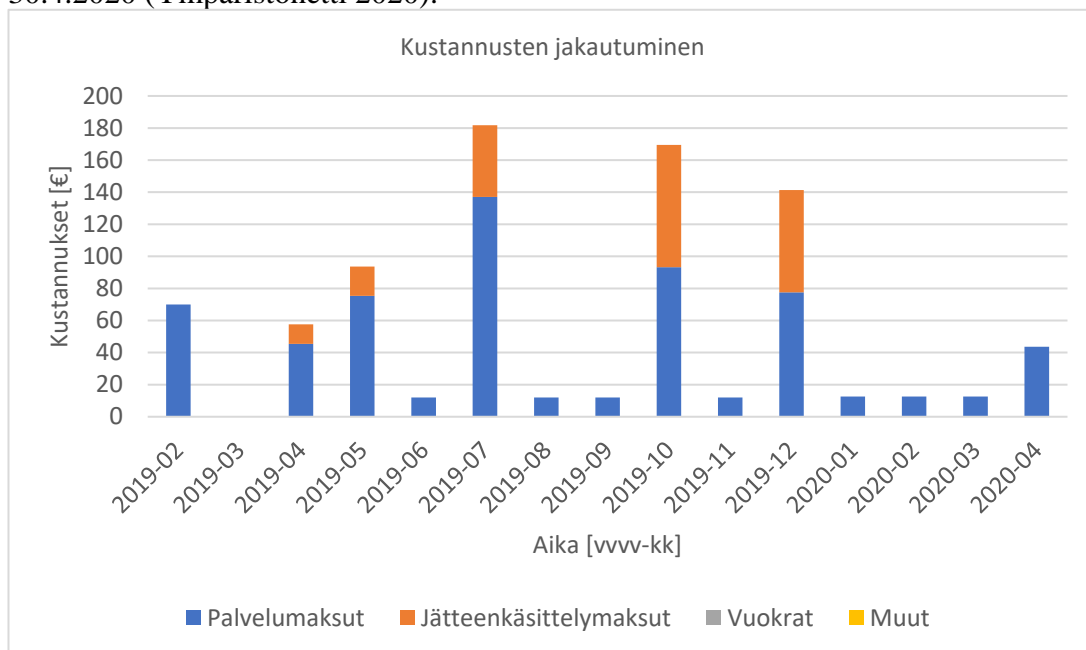
#### 7.4 Jätteiden lajittelun kustannukset

Jätteiden lajittelun kokonaiskustannukset olivat ajalta helmikuu 2019 – huhtikuu 2020 yhteensä 843,08€. Tämän lisäksi rakennuttajalle koitui erillisiä kuluja sekajätteestä. Tässä opinnäytetyössä olen käsitellyt sekajätteen kustannuksia L & T:n sekajätteen hinnaston mukaan, joka on 170€/tonni (Penttilä sähköposti 11.11.2019). Circwaste-hanke oli tehnyt erillisen sopimuksen jätehuoltoyhtiön kanssa, joten hinta määräytyi sopimuksessa sovittujen asioiden perusteella. Sopimuksessa ei esimerkiksi veloitettu keräysvälineiden vuokraa (taulukko 16; taulukko 17).

Palvelumaksut, jotka sisälsivät astioiden tyhjennyksen, punnituksen sekä keräysvälineiden toimitushinnan, kattoivat lähes 75 % kokonaishinnasta. Loppuosa kokonaishinnasta kertyi jätteenkäsittelystä. Suurimmat kustannukset kertyivät heinäkuussa, lokakuussa ja joulukuussa 2019. Tämä johtunee siitä, että kipsilevyjätteen tyhjennykset osuivat Ympäristönetin mukaan vain näille kuukausille. Lisäksi joulukuulle 2019 kirjattiin suurin osa koko hankkeen aikana syntyneestä maa- ja kiviainesjätteestä. Kipsilevy ja maa- ja kiviaines olivat suurimmat yksittäiset jätejakeet, joita rakennushankkeen aikana syntyi. Ympäristönetti-palvelun mukaan suurimmat kustannukset aiheutuivat pakkausmuovista sekä kipsilevystä. Vaikka maa- ja kiviaines olikin painon mukaan laskettuna suurin jätejakee, kustannuksia Ympäristönetin mukaan siitä aiheutui vasta neljänneksi eniten. Tässä kohteessa maa- ja kiviaines loppusijoitettiin kaatopaikalle läjitykseen.

Jos kaikki lajitellut jätteet, myös Veikko Lehti Oy:n keräämä sekajäte huomioiden, olisi kerätty pelkästään sekajätteenä, olisi jätteen käsittelyn hinnaksi tullut 911,15 €. Tähän tulisi vielä lisätä sekajätteen keräämiseen tarvittava astia sekä tyhjennykset, jotta tulos olisi täysin vertailukelpoinen lajitellun jätteen kustannuksiin. Voidaan kuitenkin ajatella, että sekajätteelle voidaan käyttää suurempaa keräysastiaa, jolloin kustannukset aiheutuvat vain yhdestä astiasta ja harvemmista tyhjennyksistä kuin lajitellun jätteen kohdalla on yhteensä tarvittu. Tässä kohteessa ei myöskään aiheutunut jäteastioiden vuokrista kustannuksia, jotka vielä entisestään nostaisivat lajitellun jätteen kustannuksia. Pilottikohteen jätteiden käsittelyssä palvelumaksut olivat isoin kuluerä ja jätteiden käsittely kustansi vain 215,24€, joten jätteenkäsittelyssä sekajätteen keräämisen ja lajitellun jätteen keräämisen välillä on 695,91 €. Jos lajitellun jätteen hinta huomioidaan kokonaisuutena eli lasketaan palvelumaksut ja jätteenkäsittely yhteen, hintaero näiden ja sekajätteen jätteenkäsittelymaksun välillä on 68,07€.

Taulukko 16. Kuukausittainen kustannusten jakautuminen ajalla 1.2.2019 – 30.4.2020 (Ympäristönetti 2020).



Taulukko 17. Kustannusjakauma ajalta 1.2.2019 – 30.4.2019 (Ympäristönetti 2020).

	Palvelumaksut	Jätteenkäsittelymaksut	Vuokrat	Muut	Yhteensä
2019-02	70	0	0	0	70
2019-03	0	0	0	0	0
2019-04	45,39	12,18	0	0	57,57
2019-05	75,34	18,26	0	0	93,6
2019-06	12	0	0	0	12
2019-07	137	44,7	0	0	181,7
2019-08	12	0	0	0	12
2019-09	12	0	0	0	12
2019-10	93,2	76,3	0	0	169,5
2019-11	12	0	0	0	12
2019-12	77,54	63,8	0	0	141,34
2020-01	12,58	0	0	0	12,58
2020-02	12,58	0	0	0	12,58
2020-03	12,58	0	0	0	12,58
2020-04	43,63	0	0	0	43,63
<b>Yhteensä</b>	<b>627,84</b>	<b>215,24</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>843,08</b>

## 7.5 Rakennusjätteen määrä ja kierrätyksen tavoitteiden saavuttaminen

Lassila & Tikanojan Ympäristönetti -palvelun perusteella jätteen kokonaismäärä oli joulukuun 2018 ja huhtikuun 2020 välisenä aikana 4,51 tonnia. Tämän lisäksi kohteesta

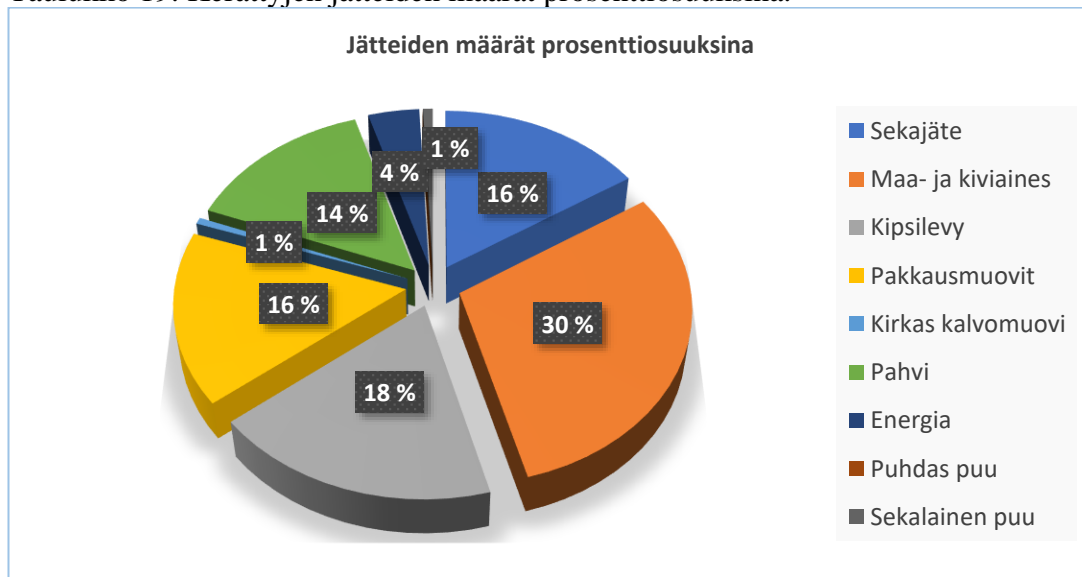
kertyi sekajätettä, joka oli toisen jätehuoltoyhtiön hoidettavana. Sekajätteen määrä oli noin 0,845 tonnia. Sekajäte kulkeutui hyötykäyttöön poltettavaksi. (Vuorisalo sähköposti 18.5.2020.) Kierrätykseen ja uudelleenkäyttöön kulkeutuvaa jätettä oli siis yhteensä 3,73 tonnia. Kierrätykseen jätejakeista päätyi puhdas kipsilevy, kierrätysmuovit, ruskea pahvi ja kartonki sekä kalvomuovi. Kokonaisjättemäärästä hyödynnettiin energiana 1,070 tonnia jätettä, tämä koostui pääasiassa rakennustyömaan suojaamiseen käytetystä pahvista, sekajätteestä sekä kierrätykseen kelpaamattomasta sekalaisesta puusta.

Rakennusjätteen kierrätysasteeksi muodostui ajalta helmikuu 2019 – huhtikuu 2020, L & T: n Ympäristönetin mukaan 59 %. Hyötykäyttöaste oli 64 %: tässä huomioitiin kaikki jäte, joka päätyi joko hyödynnettäväksi materiaalina tai poltettavaksi energiana. Kun huomioitiin toisen jätehuoltoyhtiön keräämä sekajäte, joka päätyi kaatopaikalle läjitykseen, kierrätysaste odotetusti laski Ympäristönetissä ilmoitetuista lukemista. Rakennusjätteen kierrättämisen haasteena on erilaisten jätejakeiden hyödyntäminen materiaalina. Tarkemmat määrät kertyneistä jätejakeista on lueteltu taulukossa 18 ja 19.

Taulukko 18. Jätteiden määrät jakeineen suhteutettuna kokonaisjättemäärään.

	Määrä [Kg]	Määrä kokonaismäärästä [%]	Kulut [€]	Kulujen osuus kokonaiskuluista [%]
<b>Kokonaisjättemäärä L&amp;T</b>	4514,70	84,23 %	843,00	85,44 %
<b>Kokonaisjättemäärä Veikko Lehti (sekajäte, hinta L&amp;T hinnaston mukaisesti)</b>	845,00	15,77 %	143,65	14,56 %
<b>Jätteen määrä yhteensä</b>	<b>5359,70</b>	<b>100,00 %</b>	<b>986,65</b>	<b>100,00 %</b>
Kierrätys	2663,67	49,70 %		
Hyötykäyttö	3734,41	69,68 %		
Hilijalanjälki [kgCO <sub>2</sub> e] (L&T:n osuus)	280,00			
Maa- ja kiviaines	1610,00	30,04 %	140,35	14,22 %
Kipsilevy	993,23	18,53 %	175,45	17,78 %
Pakkausmuovit	857,79	16,00 %	189,85	19,24 %
Kirkas kalvomuovi	32,00	0,60 %	20,50	2,08 %
Pahvi	773,60	14,43 %	6,72	0,68 %
Energia	209,60	3,91 %	131,17	13,29 %
Puhdas puu	0,00	0,00 %	10,00	1,01 %
Sekalainen puu	40,00	0,75 %	144,00	14,59 %

Taulukko 19. Kerättyjen jätteiden määrät prosentiosuuksina.



Pilottikohteessa rakennuttaja hyödynsi puuta muun muassa valumuotteina ja polttamalla takassa, puujätettä ei loppujen lopuksi syntynyt suuria määriä, joten tässä kohteessa puun käsittelytapa tuskin olisi vaikuttanut 70 % kierrätystavoitteen saavuttamiseen. Puun polttaminen on ollut helppo ja hyvä tapa hyödyntää puujäte ja edelleen huonolaatuinen puu kannattaa polttaa. Pilottikohteessa maa- ja kiviaines päättyi

kaatopaikalle, joka johti siihen, ettei kohteessa ollut mahdollista saavuttaa 70 % kierrätysastetta. Maa- ja kiviaineksen hyödyntäminen voisi olla helppoa, jos sopiva maanrakennuskohde löytyisi riittävässä ajassa. Maa- ja kiviaineksen määrä on suuri ja jätejäte on painavaa, joten sen materiaalihyödyntämisen onnistuminen on yksi tärkeimmistä asioista, 70 % kierrätysasteen tavoittelussa.

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Energiatehokkuusluokan parantaminen ei tämän opinnäytetyön pilottikohteessa vaatinut suuria muutoksia. Tehokkaampi ilmanvaihtokone, tiiveysmittaus ja laskennalliset muutokset puun polton suhteen, laskivat E-lukua jo reilusti alle A-energiatehokkuusluokan rajan. Hyvällä suunnittelulla ja rakentamistavalla, sekä pienillä valinnoilla, rakennuksen energiatehokkuusluokka on helposti parannettavissa. Laskennallisen energiatehokkuusluokan parantaminen näkyi myös selkeänä vaikutuksena hiilijalanjälkiarvioinnissa. A-energiatehokkuusluokan saavuttamiseksi tehdyistä toimista mielenkiintoa herätti tiiveysmittauksen vaikutus E-lukuun. Energiatehokkuuden toteutumista ajatellen olisikin hyvä, jos uudisrakennuksen riittävä tiiveys varmistettaisiin jo rakennusvaiheessa. Näin voitaisiin varmistua paremmin, että rakennuksen rakenteiden tiiveys osaltaan tukee hyvää energiatehokkuuden tasoa myös todellisen käytön aikana.

Käytön aikainen hiilijalanjäljen laskeminen on huomattavasti helpompaa ja vähemmän työlästä kuin materiaalien hiilijalanjäljen arviointi. Lupavaiheessa on rakennuksesta joka tapauksessa tehty energiaselvitys. Energiaselvityksestä käy selkeästi ilmi rakennuksen lämmitetty nettoala, rakennuksen lämmitykseen käytettävät energiamuodot ja vuotuinen ostoenergian kulutus. Kuitenkin valittu laskentatapa vaikuttaa hie-man, koska E-lukua laskettaessa voidaan valinnaisesti huomioida pieni osa puun poltosta, jos rakennuksessa on tulisija. Tuloksista kävi ilmi, miten muutos B-luokasta A-luokkaan vaikutti laskennallisesti käytön aikaiseen hiilijalanjälkeen sitä pienentäen. Koska puun poltto ei aiheuta laskennallisesti päästöjä, on hyödyllistä ottaa tulisijan vaikutus huomioon hiilijalanjälkilaskennan näkökulmasta. Toisaalta taas E-luku muuttui heikommaksi, kun puun polttoa ei huomioitu. Tämä tulos on mielenkiintoinen, koska rakennuksessa voi takan huomiotta jättämällä parantaa E-lukua, mutta samalla laskennallisesti aiheuttaa suuremman käytön aikaisen hiilijalanjäljen.

Hiilijalanjäljen laskentaan materiaalin osalta kaivattaisiin selkeää, yksinkertaista ja riittävällä tarkkuudella tuloksen antavaa mallia, jota pientalojen kohdalla voisi hyödyntää lupavaiheessa rakennuksen hiilijalanjälkeä laskettaessa. Yksi ratkaisu hiilijalanjälkilaskennan helpottamiseksi voisivat olla valmiit rakennemallit. Mallien avulla saataisiin laskettua esimerkiksi rakennusosan kokonaishiilijalanjälki syöttämällä laskuriin



rakennusosan pinta-ala. Hyvänä esimerkkinä voisi käyttää esimerkiksi puurunkoista ulkoseinärakennetta, josta olisi laskettu yhden neliömetrin osalta, kuinka paljon keskiverto ulkoseinän puurunko, eristeet, tuulensuojalevy sekä muut materiaalit aiheuttavat päästöjä ja minkälainen on rakenteen hiilikädenjälki. Rakennuksen seinärakenteesta tarvitsisi laskea seinän pinta-ala, joka kerrottaisiin vastaavan seinärakenteen päästöarvolla, tämän lisäksi ulkoverhoilu huomioitaisiin erikseen.

Talotekniikan osalta rakennusmateriaalit eivät olleet niin suuressa merkityksessä kuin muut rakennusosat, joten mielestäni talotekniikan osien laskeminen taulukkoarvoilla riittää hyvin ja se selkeästi vähentää työn määrää. Lupavaiheessa ei välttämättä ole tehty riittävän yksityiskohtaisia piirustuksia talotekniikasta, jotta talotekniset osat voisi laskea tarkasti. Taulukkoarvojen käyttö ei kannusta talotekniikkasuunnittelijoita miettimään valintojaan materiaalien aiheuttamien päästöjen kannalta, mutta kun pyritään vähentämään käytön aikaista hiilijalanjälkeä, taloteknisten laitteiden valinnalla on suuri vaikutus. Käytön aikainen hiilijalanjäljen osuus koko rakennuksen elinkaaren aikaisesta hiilijalanjäljestä on suuri, joten taloteknisten laitteiden materiaalin sijasta tärkeämpää on, miten paljon ne edistävät energiatehokkuutta. Näin ollen taulukkoarvojen käyttö on perusteltua. Tässä työssä talotekniset valinnat osoittautuivat olevan vaikuttavia silloin, kun ilmanvaihtokonetta vaihtamalla mahdollistettiin osaltaan vähäisempi energiankulutus sen myötä myös pienemmät käytön aikaiset päästöt.

Rakentamisen hiilijalanjäljen laskennassa vanhalla ja päivitetyllä arviointityökalulla saatujen tulosten välillä huomaa, miten energiamuotojen päästökertoimien tulevaisuuden skenaarioissa olevat erot vaikuttavat rakennuksen käytön aikaisen hiilijalanjäljen osuuteen. Päivitetystä versiossa materiaalien, erityisesti kantavien rakenteiden, prosentuaalinen päästöjen osuus kasvaa selkeästi, kun käytön aikaiset päästöt pienevät. Arviointityökalujen muillakin eroilla voi olla merkitystä näihin muutoksiin, mutta mahdolliset virheet materiaalmääriä laskettaessa toistuisivat molemmissa laskureissa samalla tavalla, koska materiaalien määrät ovat taulukoitu saman materiaalien määrälaskennan pohjalta. Näin ollen tulokset ovat vertailukelpoisia toisiinsa nähden ja käytön aikaisen hiilijalan prosentuaalinen pieneneminen on selkeästi todettava asia. Näiden laskelmien mukaan olisi tärkeää kiinnittää huomiota erityisesti kantavissa rakenteissa olevien materiaalien, kuten harkkojen ja betonin sekä vastaavien tuotteiden valmistustapoihin. Näiden huomioiden perusteella olisi hyvä jatkossa tutkia, miten näitä

materiaaleja voitaisiin tuottaa entistä ympäristöystävällisemmin, hyödyntäen valmistusprosessissa uusiutuvaa energiaa sekä kierrätysmateriaaleja. Maa- ja kiviainekset nousivat merkittäväksi tekijäksi myös jätteiden osalta, joten olisi tärkeää myös miettiä näiden tuotteiden koko elinkaarta ja sitä, miten voidaan varmistua, että maa- ja kiviainejäte on mahdollista hyödyntää materiaalina, kun sitä rakennushankkeessa syntyy.

Pientalon hiilijalanjälkeä laskettaessa suunnitelmien mukaan, olisi hyvä, että laskenta sidottaisiin määrälaskentaan. Se olisi tehokas tapa sekä määrittellä ja hallita materiaalinenkkiä, että laskea materiaalien hiilijalanjälki. Samalla voi kartoittaa ja kontrolloida pientalon rakentamisen kustannuksia. Tässä kohteessa määrälaskentaa ei tehty, joten laskenta toteutettiin arvioimalla materiaalimäärät rakennuspiirustuksista. Kyseinen menetelmä on aikaa vievää ja aiheuttaisi ammattilaisen tekemänä huomattavat kustannukset. Mallinnohjelmien käyttö toimii myös hyvänä apuna hiilijalanjälkilaskelmia tehdessä, mutta pientalon rakennuttajalla on harvoin tällaiseen mahdollisuutta.

Rakennusjätteen vaikutus hiilijalanjälkeen on pieni, jos sitä verrataan koko elinkaaren aikaisiin päästöihin. Lupavaiheessa, yksinkertaistetulla menetelmällä jätteen kierrätys-hyötyjen tai jätteiden aiheuttamien päästöjen arvioiminen ei ole mahdollista, koska jätteen määriä ja käsittelytapojen aiheuttamia päästöjä tai niistä saatavia hyötyjä on hankala arvioida. Kuitenkin silloin, kun jätteiden määrää on mahdollista arvioida, rakennusjätteen kierrättämisen mahdollisia hyötyjä ei voisi ilmoittaa laskennan yhteydessä, sillä laskennan oletuksena on, ettei jätettä, joka käy läpi hyödyntämisen prosessin, huomioida enää kyseisen rakennushankkeen hiilijalanjäljen arvioinnissa. Kierrätyksen hyödyt näkyvät siis jossain toisessa hankkeessa kierrätysmateriaalin käyttönä. Jätteiden materiaalihyödyntämisen etujen näkyminen sen rakennushankkeen hiilijalanjälkiarvioinnissa, jossa jäte syntyy, kannustaisi lajitteluun siinä vaiheessa, kun hiilijalanjälkeä aletaan ohjaamaan raja-arvoin. L & T:n laskelmissa jätteiden osalta oli laskettu vain jätteistä aiheutuvat ekvivalenttiset hiilidioksidipäästöt. Kehitysideana L & T:n sovellukseen olisikin se, että päästöjen lisäksi ilmoitettaisiin jätteiden lajittelusta saadut ilmastohyödyt tai vältetyt päästöt, josta ne voisi suoraan siirtää hiilikädenjäljeksi rakennuksen hiilijalanjälkiarvioinnin raportoinnissa. Näin hiilijalanjälki raportoinnissa tulisi esiin jätteiden lajittelun ja hyödyntämisen edut.

Rakennushankkeen aikaisen jätteen lajittelu työmaalla osoittautui eräiden jätejakeiden kohdalla hankalaksi. Aktiivisen rakennuttajan avulla syntypaikkalajittelu saatiin sujumaan kohtuullisesti. Työmaalla olisi kaivattu lisää perehdytystä jätteiden lajitteluun. Perehdytyksen epäonnistuessa, olisi hyvä, jos työmaalla olisi vastuuhenkilö, joka pysyisi tarpeen mukaan neuvomaan, mihin astioihin mikäkin jätejake kuuluu lajitella. Olisi lisäksi tärkeää, että henkilön hoidettavana olisi jätelajittelun valvonta, jolloin voitaisiin varmistua, ettei jäteastioihin kulkeudu väärää jätejakea. Perehdytyksen tarve korostuu erityisesti suurilla rakennustyömailla, joissa jätteen määrä on suurempi ja pääurakoitsijan lisäksi eri toimia hoitaa monet aliurakoitsijat. Virheiden riski kasvaa, mitä useampi osapuoli toimintaan liittyy.

Syntypaikkalajittelun ja jätteiden kierrättämisen tuloksista saattoi huomata, miten paljon työmaalla syntyi pakkausjätettä. Lähes 30 % kokonaisjätteen määrästä oli pakkausmuovia tai pahvia. Rakennusmateriaaleja kuljetetaan välillä pitkiäkin matkoja, jolloin tulee varmistua, että kuluttaja saa virheettömiä tuotteita. Pakkausmateriaalin tärkein ominaisuus on suojata materiaalia likaantumiselta, kostumiselta tai muilta vaurioilta, joten pakkausmateriaali on tärkeä osa tuotetta. Olisi hyvä jatkossa tutkia, onko tuotteiden pakkausmateriaalien käyttöä mahdollista tehostaa ja kuinka suuressa määrin käytetään ja on mahdollista käyttää kierrätysmateriaaleja.

Tuloksissa kipsilevyjätteen määrä oli suuri, joten kipsilevyn käytön tehostuksen mahdollisuuksia olisi hyvä tutkia lisää. Jätteen suuren määrän perusteella kipsilevyn kierrättämiseen kannattaa panostaa. Samalla tulee varmistaa, että jätejake säilyy varmasti puhtaana ja kuivana ja näin mahdollistetaan materiaalin kierrättäminen. Kipsilevyn lämpöarvo on huono, joten kipsilevyn hyödyt energiahyödyntämisessä ovat mitättömät, joten myös sen vuoksi tulisi pyrkiä mahdollisimman tehokkaaseen kipsilevyn hyödyntämiseen materiaalina.

Maa- ja kiviaineksen prosentuaalinen määrä kokonaisjättemäärästä on suuri. Tämän saattoi päätellä myös vuotuisista rakennusjätteestä kertovista tilastoista. Lisäksi jättejakeet ilmoitetaan painon mukaan, mikä selittää sen, että painavan maa- ja kiviaineksen määrä on suuri verrattuna kokonaisjättemäärään. Tässä hankkeessa kierrätysprosentti olisi saatu nostettua huomattavasti korkeammalle, jos maa- ja kiviaines olisi saatu hyödynnettyä esimerkiksi maarakentamisessa. Maa- ja kiviaines aiheuttaa ison

osan rakentamisen hiilijalanjäljestä ja sen käsittely vaikuttaa vahvasti siihen, saavutetaanko 70 % kierrätysaste. Maa- ja kiviaineksen kierrättäminen esimerkiksi tienpohjassa on helppoa. Kun jätettä syntyy, pitäisi kierrätystä varten olla valmiina kohde, jonne jäte kuljetetaan. Jos maa- ja kiviainekselle ei löydy sijoituspaikkaa, toimitetaan se kaatopaikalle, kuten tässäkin kohteessa tapahtui. Kaatopaikallakin jätteen voi vielä käyttää kaatopaikan rakenteisiin. Kuitenkaan L & T:n tilastoissa ei tästä ollut mainintaa. Kehityskohteena maa- ja kiviaineksen suhteen pitäisin sitä, että miten maa- ja kiviainesten koko elinkaari saadaan toteutettua ympäristöystävällisistä valmistusprosesseista lähtien jätteen järkevään hyötykäyttöön asti.

Rakennusjätteen lajittelussa 70% kierrätysaste on saavutettavissa, kun jätteiden kerääminen suunnitellaan huolella. Rakennusjätteen kerääminen pelkästään sekajätteenä ei vaikuttanut tulevan kohtuuttomasti kalliimmaksi kuin lajitellun jätteen kerääminen. Lisäksi lajittelusta syntyy rakennustyömaalla lisää työtä, jos lajittelu ja tyhjennykset eivät suju, voi jäte jäädä haitaksi ja hankaloittaa toimintoja työmaalla. Mikä siis motivoisi rakennuttajaa lähtemään lajittelemaan hankkeessa syntyvää rakennusjätettä? Lajittelun ja kierrätysasteen saavuttaminen vaatii ohjausta. Voisiko jätteiden lajittelun sitoa tonttikilpailuun siten, että tontin saava rakennuttaja sitoutuu suunnittelemaan koko rakennushankkeen elinkaaren ympäristöä ajatellen? Lähinnä siten, että rakennettava rakennus täyttää tietyt raja-arvot tai muut vaatimukset vähähiilisyyden kannalta tai rakennuksen hiilikädenjälki on määritellyn suuruinen, lisäksi voitaisiin ehdoissa mainita, että rakennusjäte tulee lajitella, kierrättää ja hyödyntää mahdollisimman tehokkaasti. Kuitenkin ohjaus olisi sellaista, että se ei vaatisi erityistä valvontaa tai aiheuttaisi huomattavia lisäkustannuksia jo nyt tarkalla budjetilla rakentaville pientalon rakentajille.

Kun mietitään rakennushankkeessa syntynyttä jätettä, tulee muistaa, että rakennuttaja pyrkii työmaallaan mahdollisimman pieneen hukkaan, sillä kaikki hukkana menetetty rakennusmateriaali tarkoittaa myös menetettyjä euroja. Energiatehokkuuden edistämisen lisäksi olisi hyvä suunnata katse rakennusmateriaalien koko tuotantoketjuun. On tärkeää, että vastuullinen, ympäristöä kunnioittava toiminta lähtee jo materiaalin tuotannon suunnitteluvaiheesta ja päättyy jätteen vastuulliseen hyödyntämiseen, siten, että jatkossakin on mahdollisuus rakentaa laadukkaita, vähän ympäristöä kuormittavia rakennuksia kustannustehokkaasti.



## LÄHTEET

Asetus rakennuksen energiatodistuksesta. Liite 1. 28.12.2017/1048. Asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta. 20.12.2017/1010. Viitattu 5.6.2019. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171010>

Asetus jätteistä. 19.4.2012/179. viitattu 20.5.2020. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2012/20120179>

Betoniteollisuuden www-sivut. Betonin vaurioituminen. Viitattu 17.5.2020 <https://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/ominaisuudet-ja-edut/betonin-vaurioituminen/>

Bionova. 29.6.2017. Tiekartta rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen huomiointiseksi rakentamisen ohjauksessa. Viitattu 26.6.2019. <https://www.ym.fi/download/noname/%7B4B3172BC-4F20-43AB-AA62-A09DA890AE6D%7D/129197>

European commission www-sivut. 2020. EU Reference Scenario 2016. Viitattu 19.5.2020 [https://ec.europa.eu/energy/data-analysis/energy-modelling/eu-reference-scenario-2016\\_en](https://ec.europa.eu/energy/data-analysis/energy-modelling/eu-reference-scenario-2016_en)

European Commission www-sivut. 2020. EN 15643-3:2012. Viitattu 5.6.2020. [https://ec.europa.eu/eip/ageing/standards/home/other-home/en-15643-32012\\_en](https://ec.europa.eu/eip/ageing/standards/home/other-home/en-15643-32012_en)

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2008/98/EY muutoksineen.

Gyproc www-sivut. Gyproc GEKE 13 ERIKOISKOVA Ergo, erikoiskova sisäverhouslevy. 2020. Viitattu 17.5.2020. <https://www.gyproc.fi/tuotteet/kipsilevyt-ja-muut-levyt/sis%C3%A4sein%C3%A4levyt/erikoiskova-sis%C3%A4verhouslevy/gyproc-geke-13-erikoiskova-ergo>

Gyproc www-sivut. Kierrätä kipsilevyt. 2019. Viitattu 22.8.2019. <https://www.gyproc.fi/suunnittelu/vastuullisuus/kipsilevyn-elinkaari-ja-ymp%C3%A4rist%C3%B6/gyproc-levyjen-kierr%C3%A4tys>

Huttunen, E. 2018. Vähähiilisessä rakentamisessa on potentiaalia merkittäviin päästövähennyksiin. Ympäristöministeriö. Viitattu 19.5.2020. [https://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Ynna\\_Muuta\\_blogi/Vahahiilisessa\\_rakentamisessa\\_on\\_potenti\(48543\)](https://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Ynna_Muuta_blogi/Vahahiilisessa_rakentamisessa_on_potenti(48543))

Huttunen, E. 21.11.2018. Vähähiilisessä rakentamisessa on potentiaalia merkittäviin päästövähennyksiin. Viitattu 25.5.2019. [https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Rakentamisen\\_ohjaus/Vahahiilinen\\_rakentaminen/Vahahiilisessa\\_rakentamisessa\\_on\\_potenti\(48543\)](https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Rakentamisen_ohjaus/Vahahiilinen_rakentaminen/Vahahiilisessa_rakentamisessa_on_potenti(48543))

Ilmatieteen laitos. 2020. Kasvihuonekaasut lämmittävät. Viitattu 19.5.2020. <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/ilmio/-/artikkeli/3a576a6e-bec5-44bc-a01d-11497ebdc441/kasvihuonekaasut-lammittavat.html>

Ilmatieteenlaitos www-sivut. Ilmakehä-ABC. 18.4.2019. Viitattu 3.6.2019. <https://ilmatieteenlaitos.fi/ilmakeha-abc/Hiilidioksidiekvivalentti>

Ilmasto-opas www-sivut 2020. Viitattu 3.6.2020. <https://ilmasto-opas.fi/fi/>

ISO www-sivut. 2020. Viitattu 4.6.2020. <https://www.iso.org/home.html>

Jätelaki. 17.6.2011/646 muutoksineen.

Kodinplaza www-sivut. Kilpailuta tiiveysmittaus. 2017-2019. Viitattu 17.5.2020

Kuittinen, M. 30.8.2019. Rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmä. Helsinki. Ympäristöministeriö. Viitattu 28.9.2019. <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/161761>

Laaksonen, J., Salmenperä, H., Stén, S., Dahlbo, H., Merilehto, K., Sahimaa, O. Kierrätyksestä kiertotalouteen - Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2023. Helsinki. Ympäristöministeriön julkaisusarja: Suomen ympäristö 01/2018. Viitattu 28.5.2019. <https://www.ym.fi/download/noname/%7BCCE583325-9A4F-4A2F-8CDC-40605B1B5E6C%7D/133565>

Lassila & Tikanoja www-sivut. 2020. Energiajäte. Viitattu 21.5.2020. <https://www.lt.fi/fi/yritysasiakkaat/palvelut/kierratyspalvelut-ja-jatehuolto/kierratys-materiaalit-ja-lajitteluohjeet/energiajate>

Manninen, K., Judl, J., Myllymaa T. 2015. Rakentamisen puujätteiden ja puupakkausjätteiden käsittelyvaihtoehtojen elinkaarenaikaiset ympäristövaikutukset. Helsinki. Ympäristöministeriön raportteja 29/2015.

Metsähallitus www-sivut. Ilmastoviisas metsätalous. 29.6.2019. Viitattu 17.5.2020

Nissinen, A. Elinkaariarviointi, jalanjaljet ja panos-tuotosmalli. 2013. Ympäristö.fi www-sivut. Viitattu 4.6.2020. [https://www.ymparisto.fi/fi-fi/kulutus\\_ja\\_tuotanto/tuotesuunnittelu\\_ja\\_tuotteet/elinkaariarviointi\\_jalanjaljet\\_ja\\_panostuotosmalli](https://www.ymparisto.fi/fi-fi/kulutus_ja_tuotanto/tuotesuunnittelu_ja_tuotteet/elinkaariarviointi_jalanjaljet_ja_panostuotosmalli)

Penttilä, T. Rakennussekajätteen hinta. Vastaanottaja: sanna.lindgren@student.samk.fi. Lähetetty 11.11.2019 klo 7.49.43. Viitattu 20.5.2020.

Pääministeri Antti Rinteen hallituksen ohjelma 6.6.2019. Osallistava ja Osaava Suomi – sosiaalisesti, taloudellisesti ja ekologisesti kestävä yhteiskunta. Viitattu 6.6.2019. [http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161662/Osallistava\\_ja\\_osaava\\_Suomi\\_2019\\_WEB.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161662/Osallistava_ja_osaava_Suomi_2019_WEB.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Rakennusteollisuus www-sivut. 2020. Viitattu 4.6.2020. <https://www.rakennusteollisuus.fi/>

Rakennustieto www-sivut. 2020. Viitattu 5.6.2020. <https://cer.rts.fi/>

Sitran www-sivut. Keskivertosuomalaisen hiilijalanjaljki. 30.12.2019. Viitattu 29.1.2020 <https://www.sitra.fi/artikkelit/keskivertosuomalaisen-hiilijalanjaljki/>

Skanska www-sivut. 2016. Viitattu 4.6.2020. [www.skanska.fi](http://www.skanska.fi)

Suomen virallinen tilasto (SVT): Jätetilasto. verkkojulkaisu.  
ISSN=1798-3339. 2016. Helsinki: Tilastokeskus. viitattu: 25.6.2019.  
Saantitapa: [http://www.stat.fi/til/jate/2016/jate\\_2016\\_2018-08-31\\_tie\\_001\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/jate/2016/jate_2016_2018-08-31_tie_001_fi.html)

Valtioneuvosto www-sivut. 2020. Hiilineutraali ja luonnon monimuotoisuuden turvaava Suomi. Viitattu 19.5.2020. <https://valtioneuvosto.fi/marinin-hallitus/hallitus-ohjelma/hiilineutraali-ja-luonnon-monimuotoisuuden-turvaava-suomi>

Ympäristöministeriö. 2018. Rakennuksen vähähiilisyiden arviointimenetelmäluonnos. Helsinki. Viitattu 12.6.2019 <https://www.lausuntopalvelu.fi/FI/Proposal/DownloadProposalAttachment?attachmentId=9517>

Valtionvarainministeriö. 2012. Maa-ainesvero. Selvitys maa-aineveron käyttöönoton mahdollisuuksista ja tarkoituksenmukaisuudesta.

Wind N., Kivimäki C., Koistinen L., Lahtinen M., Koskenvesa A. Rakennustöiden menekit 2015. Helsinki. 2014. Rakennustieto Oy.

Vuorisalo, H. Jättemäärät Satutie 16. Vastaanottaja: sanna.lindgren@student.samk.fi. Lähetetty 18.5.2020 klo 10.14. Viitattu 20.5.2020.

Vähähiilisen rakentamisen neuvontapalvelun www-sivut. 2019. Viitattu 12.6.2019 <https://elinkaarilaskenta.fi/>

Ympäristö www-sivut. 2020. Viitattu 4.6.2020. <https://www.ymparisto.fi/fi-FI>

Ympäristöministeriö. 2019. Rakennuksen vähähiilisyiden arviointimenetelmä. Helsinki. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:22. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-029-3>

Ympäristöministeriö. Viitattu 27.5.2019. <https://www.lausuntopavelu.fi/FI/Proposal/DownloadProposalAttachment?attachmentId=9520>

Ympäristöministeriö. 2019. Johdatus rakennusten elinkaariarviointiin-opas. Viitattu 5.6.2020. <https://www.ym.fi/download/noname/%7BE8BE6A10-881E-42FF-A58A-D63328ED4178%7D/149180>

Ympäristöministeriön www-sivut. 11.9.2017. Vähähiilinen rakentaminen. Viitattu 12.6.2019 [https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Rakentamisen\\_ohjaus/Vahahiilinen\\_rakentaminen](https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Rakentamisen_ohjaus/Vahahiilinen_rakentaminen)

Ympäristöministeriön www-sivut. 2017. Tiekartta rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen huomioimiseksi rakentamisen ohjauksessa. Viitattu 26.6.2019. [https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Rakentamisen\\_ohjaus/Vahahiilinen\\_rakentaminen/Tiekartta\\_rakennuksen\\_elinkaaren\\_hiilijalanjaljen\\_huomioimiseksi](https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Rakentamisen_ohjaus/Vahahiilinen_rakentaminen/Tiekartta_rakennuksen_elinkaaren_hiilijalanjaljen_huomioimiseksi)

Ympäristöministeriön www-sivut. 6.2.2018. Level(s) – Rakennusten resurssitehokkuuden yhteiset EU-mittarit. Viitattu 26.6.2019. [https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Kansainvalinen\\_yhteistyö/Levels\\_\\_Rakennusten\\_resurssitehokkuuden\\_yhteiset\\_EUmittarit](https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Kansainvalinen_yhteistyö/Levels__Rakennusten_resurssitehokkuuden_yhteiset_EUmittarit)



## LASKENNAN TULOS, LUPAVAIHE, VANHA ARVIOINTITYÖKALU

## Rakennuksen hiilijalanjäljen arviointityökalun luonnos

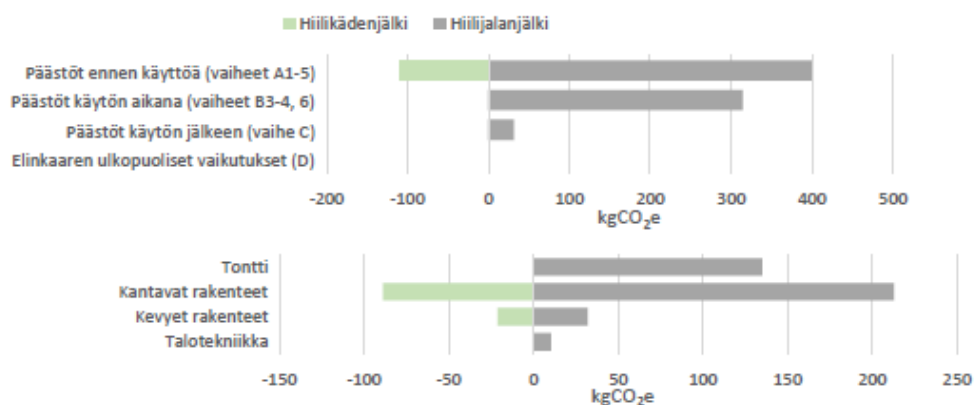
Luonnos lausuntokierrosta varten 16.11.2018



## Laskennan tulokset

Lähtötiedot		
Rakennuskohteen tiedot	Rakennustunnus	
	Osoite	Satutie 16, 28600 PORI
	Rakennustyyppi	Asuinrakennukset
Rakennuksen tekniset tiedot	Kerrosala [kem <sup>2</sup> ]	227
	Lämmitetty nettoala [m <sup>2</sup> <sub>netto</sub> ]	229
	Kerrosten lukumäärä	2
	Kellarikerrosten lukumäärä	0
	Pääasiallinen runkomateriaali	Puu
	Energialuokka	B
Laskennan tiedot	Laskenta-ajanjakso	75
	Arvioinnin tekovaihe	Rakennuslupa
	Käytetty arviointitapa	Yksinkertaistettu
	Rakennuksen arvioitu käyttöönottovuosi	2019

Elinkaariarvioinnin tulokset	Hiilijalanjälki	Hiilikädenjälki
	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> <sub>netto</sub>	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> <sub>netto</sub>
Elinkaaren aikana syntyvät päästöt yhteensä (A-D)	745	-110
Päästöt ennen käyttöä (vaiheet A1-5)	399	-110
Tontti	135	0
Kantavat rakenteet	213	-89
Kevyet rakenteet	32	-21
Talotekniikka	10	0
Päästöt käytön aikana (vaiheet B3-4, 6)	314	0
Päästöt käytön jälkeen (vaihe C)	31	0
Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset (D)	0	0



Arvioinnin tekijät		
	Arvioinnin laatija	Arvioinnin tarkastaja
Nimi	Sanna Lindgren	
Koulutus	Rakennus ja yhdyskuntatekniikan opiskelija	
Päivämäärä	20.8.2019	

## MATERIAALILUETTELO, VANHA ARVIOINTITYÖKALU

Rakennuksen hiilijalanjäljen arviointityökalan luonnos  
Luonnos lausuntokierrosta varten 16.11.2018



## Luettelo

Syötä rakennuksen materiaalien paino alla olevaan listaan esim. määräluettelon pohjalta laskien. Hiilijalanjäljen ja -kädenjäljen päästöt muodostuvat automaattisesti, kun määrät on syötetty. Lisää tarvittaessa rivejä kunkin otsakkeen alle Lisää rivi -napilla.

Littera	Rakennusosa	Materiaalin tyyppi	Materiaali	Määrä	kgCO <sub>2</sub> e	
					Hiilijalanjälki	Hiikädenjälki
<b>Perustus</b>						
	Routasuojat	ERISTE	Eriste, EPS	624 kg	2 126	0
	Antura	BETONI	Betoni 25/30 Mpa	42 191 kg	5 276	0
	Anturan raudoitus	METALLI	Rauta	1 188 kg	2 439	0
	Perusmuuri	BETONI	Betoni, harkko	45 519 kg	4 607	0
	Valuharkkojen betoni	BETONI	Betoni 25/30 Mpa	71 546 kg	8 948	0
	Eps -eriste	ERISTE	Eriste, EPS	26 kg	89	0
	Raudoitus	METALLI	Rauta	635 kg	1 304	0
	Tasoite	TASOITE	Tasoite, sementtipohj.	245 kg	45	0
	Pintarappaus	TASOITE	Tasoite, sementtipohj.	751 kg	139	0
	Tartuntalaasti	TASOITE	Tasoite, sementtipohj.	451 kg	84	0
	Perusmuurilevy	MUOVIT ja KUMIT	PP	36 kg	60	0
	Valuharkkojen eriste	ERISTE	Eriste, XPS, 50 kg/m <sup>3</sup>	544 kg	1 854	0
	Perustus	PERUSTUS JA PORTAAT	Murske, 2/32	657 000 kg	3 858	0
	Suodatinkangas	PERUSTUS JA PORTAAT	Kuitukangas	39 kg	89	0
	<b>Total</b>				<b>30 916</b>	<b>0</b>
<b>Vaippa</b>						
	Alapohja	BETONI	Betoni 25/30 Mpa	58 757 kg	7 348	0
	Eps-eriste	ERISTE	Eriste, EPS	1 809 kg	6 164	0
	Raudoitus	METALLI	Rauta	274 kg	563	0
	Lattipäällyste Parketti	PÄÄLLYSTE	Lattipäällyste, parketti + alusrak.	728 kg	468	0
	Lattipäällyste laatta	ULKOVERHOILU	Verhoilu, keraaminen laatoitus	139 kg	98	0
	Ulkoseinä	TASOITE	Tasoite, sementtipohj.	1 432 kg	266	0
	Pintarappaus	TASOITE	Tasoite, sementtipohj.	2 387 kg	443	0
	Aqua-panel	LEVY	Levy, kuitusementti	4 266 kg	3 015	0
	Koolaus 32*100 k600	RUNKO JA PILARIT JA PALKIT	Puuranka, sahatavara	787 kg	72	-1 220
	Koolaus 22*100 k600	RUNKO JA PILARIT JA PALKIT	Puuranka, sahatavara	541 kg	50	-839
	Tuulensuojalevy	LEVY	Levy, kuitulevy, tuulensuoja	859 kg	393	-1 314
	Runkotolpat	RUNKO JA PILARIT JA PALKIT	Palkki tai pilari, puu	2 338 kg	215	-3 624
	Ekoviilla eriste	ERISTE	Eriste, kierrätyspaperi, puhallus 35 kg/m <sup>3</sup>	1 624 kg	353	0
	Höyrynsulkumuovi	MUOVIT ja KUMIT	PE-LD	41 kg	78	0
	Koolaus 48*48 k600	RUNKO JA PILARIT JA PALKIT	Puuranka, sahatavara	567 kg	52	-879
	Ekoviilla levyeriste	ERISTE	Eriste, kierrätyspaperi 45 kg/m <sup>3</sup>	522 kg	116	0
	Kipsilevy	LEVY	Levy, kipsilevy	2 593 kg	1 087	0
	Alajuoksu	RUNKO JA PILARIT JA PALKIT	Puuranka, sahatavara	336 kg	31	-521
	Yläjuoksu	RUNKO JA PILARIT JA PALKIT	Puuranka, sahatavara	206 kg	19	-319
	Runkotolpat	RUNKO JA PILARIT JA PALKIT	Palkki tai pilari, puu	121 kg	11	-188
	Seinämaali	PINTAKÄSITTELY	Maali, sisä, vesiohenteinen	96 kg	157	0
	Seinälaatta	ULKOVERHOILU	Verhoilu, keraaminen laatoitus	293 kg	206	0
	Lasikuituverkko			33		
	Yläpohja	Kipsilevy	Levy, kipsilevy	2 506 kg	1 050	0
	Koolauspuu	RUNKO JA PILARIT JA PALKIT	Puuranka, sahatavara	628 kg	58	-973
	höyrynsulku	MUOVIT ja KUMIT	PE-LD	35 kg	67	0
	Levyvilla	ERISTE	Eriste, kierrätyspaperi 45 kg/m <sup>3</sup>	881 kg	196	0
	Puhallusvilla	ERISTE	Eriste, kierrätyspaperi, puhallus 35 kg/m <sup>3</sup>	2 609 kg	585	0
	Spu-levy	ERISTE	Eriste, polyuretaani, 40 kg/m <sup>3</sup>	334 kg	1 454	0
	Pintamaali	PINTAKÄSITTELY	Maali, sisä, vesiohenteinen	76 kg	125	0
	Kattopaneeli	ULKOVERHOILU	Verhoilu, puu	7 kg	1	-11
	Välipohja	Ontelolaatta	Laatta, ontelolaatta, 200	27 950 kg	4 971	0
	Parketti	PÄÄLLYSTE	Lattipäällyste, parketti + alusrak.	37 kg	24	0
	Betoni	BETONI	Betoni 25/30 Mpa	77 812 kg	9 731	0
	Raudoitus	METALLI	Rauta	1 442 kg	2 960	0
	Askeläänieriste	MUOVIT ja KUMIT	PS (polystyreeni)	111 kg	381	0
	Tasoite	TASOITE	Tasoite, sementtipohj.	258 kg	48	0
	Lattiakipsilevy	LEVY	Levy, kipsilevy	6 kg	3	0
	Vaneri	LEVY	Levy, vaneri	270 kg	77	-443
	Koolaus	RUNKO JA PILARIT JA PALKIT	Puuranka, sahatavara	108 kg	10	-167
	Lämmönieriste	ERISTE	Eriste, kierrätyspaperi 45 kg/m <sup>3</sup>	224 kg	50	0
	Lattiankannattajat	RUNKO JA PILARIT JA PALKIT	Puuranka, sahatavara	1 118 kg	103	-1 733
	Kipsilevy	LEVY	Levy, kipsilevy	5 kg	2	0

Pintamaali	PINTAKÄSITTELY	Maali, sisä, vesiohenteinen	36 kg	59	0
Vedeneristys	KOSTEUSERISTE	kosteussulku	177 kg	531	0
<b>Total</b>				<b>43 687</b>	<b>-12 230</b>

<b>Vesikatto</b>					
Kattoristikot	RUNKO JA PILARIT JA PALKIT	Puuranka, sahatavara	1 357 kg	125	-2 103
Kattokannattajat	RUNKO JA PILARIT JA PALKIT	Puuranka, sahatavara	402 kg	37	-623
Pystyvinoreivaus	RUNKO JA PILARIT JA PALKIT	Puuranka, sahatavara	1 203 kg	111	-1 865
Jäykistykset	RUNKO JA PILARIT JA PALKIT	Puuranka, sahatavara	751 kg	69	-1 164
Kannatinpalkki	RUNKO JA PILARIT JA PALKIT	Puuranka, sahatavara	240 kg	22	-372
Harvalaudoitus	RUNKO JA PILARIT JA PALKIT	Puuranka, sahatavara	241 kg	22	-374
Tuuletusrima	RUNKO JA PILARIT JA PALKIT	Puuranka, sahatavara	200 kg	18	-310
Kattoruoteet	RUNKO JA PILARIT JA PALKIT	Puuranka, sahatavara	460 kg	42	-713
Peltikate	KATE	Kate, teräs, sinkitty ja maali	1 506 kg	4 382	0
Otsalaudat	RUNKO JA PILARIT JA PALKIT	Puuranka, sahatavara	365 kg	34	-566
Suojapelti	KATE	Kate, teräs, sinkitty ja maali	43 kg	125	0
Aluskate	MUOVIT JA KUMIT	PP	36 kg	60	0
Pilarit	RUNKO JA PILARIT JA PALKIT	Puuranka, sahatavara	49 kg	5	-76
<b>Total</b>				<b>5 052</b>	<b>-8 165</b>

<b>Väliseinät, ovet, ikkunat, portaat</b>						
Ikkunat	ikkunat puu-alu	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	ikkunat, puu-alumiini-ikkuna, sisältää myös lasit	15 m2	1 712	0
Ovi	Ovi, ulko, puu	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	Ovi, ulko, puu	14 m2	833	0
	Ovi, ulko, teräs	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	Ovi, ulko metalli	6 m2	127	0
	Ovi, sisä, puu	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	Ovi, sisä	26 m2	911	0
Portaat	Betonivalu	BETONI	Betoni 25/30 Mpa	4 557 kg	570	0
	Raudoitus	METALLI	Rauta	67 kg	138	0
Terassi	Liukuovi	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	Lasiverhoilu ja seinät	16 m2	160	0
	Lasikate	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	Lasiverhoilu ja seinät	12 m2	119	0
Väliseinät	Kipsilevy	LEVY	Levy, kipsilevy	4 662 kg	1 954	0
	Alumiinipaperi	METALLI	Alumiini	2 kg	5	0
	Koolaus	RUNKO JA PILARIT JA PALKIT	Puuranka, sahatavara	3 032 kg	279	-4 700
	Eriste ekovillalevy 50mm	ERISTE	Eriste, kierrätyspaperi 45 kg/m3	476 kg	106	0
	Naulausrima	RUNKO JA PILARIT JA PALKIT	Puuranka, sahatavara	27 kg	2	-42
	Paneeli	ULKOVERHOILU	Verhoilu, puu	70 kg	6	-109
	Seinälaatta	ULKOVERHOILU	Verhoilu, keraaminen laatoitus	489 kg	344	0
	Tartuntalaasti	TASOITE	Tasoite, sementtipohj.	133 kg	25	0
	Vedeneristys	KOSTEUSERISTE	Kosteussulku	15 kg	45	0
<b>Total</b>				<b>7 334</b>	<b>-4 850</b>	

<b>Sähkö- ja LVI-osat</b>						
	Poistoilmaventtiili KSU	LVI OSAT	Venttiili	4 kg	11	0
	tuloilmajohdoin SHH	LVI OSAT	Venttiili	38 kg	108	0
	Tuloilmaventtiili KIR	LVI OSAT	Venttiili	2 kg	5	0
	Äänenvaimennin	LVI OSAT	Putki, teräs	41 kg	104	0
	Ulkoilmasäleikkö	LVI OSAT	Säleikkö, ulko	2 kg	5	0
	Vilpe poistoilmaputki +hattu	LVI OSAT	Putki, ilmastointi	7 kg	18	0
	Kattoläpivienti	LVI OSAT	Putki, ilmastointi	3 kg	7	0
		LVI OSAT	Putki, ilmastointi	0 kg	0	0
	Sadevesiviemärin tarkastuskaivo	LVI OSAT	Putki, viemäri	0 kg	0	0
	Perusvesikaivo	LVI OSAT	Peruskaivo	0 kg	0	0
	sadevesikaivo	LVI OSAT	Sadevesikaivo	0 kg	0	0
	Viemärin tarkastuskaivo	LVI OSAT	Peruskaivo	0 kg	0	0
	Viemärin tarkastusputki	LVI OSAT	Putki, komposiitti	0 kg	0	0
	Lattiakaivo	LVI OSAT	Lattiakaivo, muovi	6 kg	9	0
	Lattiakaivon kansi	LVI OSAT	Lattiakaivo, RST teräs	4 kg	20	0
	wc-istuin	LVI OSAT	WC-istuin, keraaminen	62 kg	102	0
	vesihana	LVI OSAT	Vesihana, komposiitti	8 kg	23	0
	Keittiöhana	LVI OSAT	Vesihana, komposiitti	5 kg	14	0
	vesiposti	LVI OSAT	Vesihana, komposiitti	6 kg	16	0
	suihku	LVI OSAT	Suihku ja letku komposiitti	10 kg	35	0
	pesuallas	LVI OSAT	Pesuallas, keraaminen	8 kg	13	0
	kura-allas	LVI OSAT	Pesuallas, RST	15 kg	70	0
	Viemärin tuuletusputki	LVI OSAT	Putki, viemäri	1 kg	2	0
	Radon tuuletusputki	LVI OSAT	Putki, ilmastointi	1 kg	2	0
	Rännikaivo	LVI OSAT	Sadevesikaivo	0 kg	0	0
	ilmanvaihtokanavan käyrät 90	LVI OSAT	Putki, ilmastointi	8 kg	23	0
	ilmanvaihtokanavan käyrät 45	LVI OSAT	Putki, ilmastointi	2 kg	6	0
	Poistoilmakanava	LVI OSAT	Putki, ilmastointi	77 kg	212	0
	Tuloilmakanava	LVI OSAT	Putki, ilmastointi	51 kg	141	0
	Tonttviemäriputki	LVI OSAT	Putki, maaviemäri	222 kg	44	0
	Lämpöjohdot	LVI OSAT	Putki, lattialämmitys	0 kg	0	0

Viemäriputki	LVI OSAT	Putki, viemäri	186 kg	381	0
Tonttivesijohto	LVI OSAT	Putki, käyttövesi	145 kg	347	0
Vesijohto	LVI OSAT	Putki, käyttövesi	82 kg	195	0
tuuletuviemäri	LVI OSAT	Putki, viemäri	10 kg	20	0
Jakotukki	LVI OSAT	Jakotukki	kg	0	0
Sisäkaapeli	SÄHKÖOSAT	Sisäkaapeli	47 kg	99	0
Pistorasia	SÄHKÖOSAT	Pistorasia	13 kg	26	0
Valaisinpistorasia	SÄHKÖOSAT	Valaisinpistorasia	8 kg	16	0
Jakorasia	SÄHKÖOSAT	Jakorasia	4 kg	8	0
Salaoja	LVI OSAT	Putki, salaoja	55 kg	131	0
Salaojoakaivo	LVI OSAT	Sadevesikaivo	51 kg	83	0
Rännit	LVI OSAT	Putki, teräs	1 kg	1	0
Syöksytorvet	LVI OSAT	Putki, teräs	0 kg	1	0
<b>Total</b>				<b>2 298</b>	<b>0</b>
<b>Kaikki materiaalit yhteensä</b>				<b>89 289</b>	<b>-25 246</b>

## KÄYTTÖVAIHE, LUPAVAIHE, VANHA ARVIOINTITYÖKALU

## Rakennuksen hiilijalanjäljen arviointityökalun luonnos

Luonnos lausuntokierrosta varten 16.11.2018



## Käyttövaiheen päästöjen arviointi

		Hiilijalanjälki	Hiilikädenjälki
		kgCO <sub>2</sub> e	kgCO <sub>2</sub> e
<b>Ennen käyttöä syntyvät päästöt yhteensä</b>		<b>71 991</b>	<b>0</b>
<b>Energiankäyttö (B6)</b>	<b>Energiankulutus (kWh/a)</b>	<b>71 532</b>	<b>0</b>
Sähkö	14 810	71 532	-
Kaukolämpö		0	-
Fossiiliset polttoaineet		0	-
Uusiutuvat polttoaineet	5 001	0	-

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

<b>Korjaukset ja osien vaihdot (B3-4)</b>		<b>459</b>	<b>0</b>
---	--	------------	----------

Korjausten ja vaihtojen päästövaikutukset perustuvat taulukkoarvoihin.

# LASKENNAN TULOS, A-ENERGIATEHOKKUUSLUOKKA, VANHA ARVI- OINTITYÖKALU

## Rakennuksen hiilijalanjäljen arviointityökalun luonnos

Luonnos lausuntokierrosta varten 16.11.2018

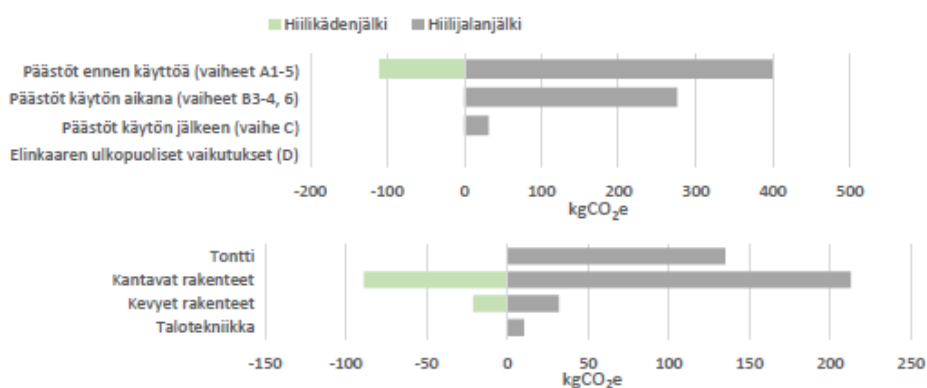


Ympäristöministeriö  
Miljöministeriet  
Ministry of the Environment

### Laskennan tulokset

Lähtötiedot			
Rakennuskohteen tiedot	Rakennustunnus		
	Osoite		Satutie 16, 28600 PORI
	Rakennustyyppi		Asuinrakennukset
Rakennuksen tekniset tiedot	Kerrosala [kem <sup>2</sup> ]		227
	Lämmitetty nettoala [m <sup>2</sup> <sub>netto</sub> ]		229
	Kerrostien lukumäärä		2
	Kellarikerrostien lukumäärä		0
	Pääasiallinen runkomateriaali		Puu
	Energialuokka		B
Laskennan tiedot	Laskenta-ajanjakso		75
	Arvioinnin tekovaihe		Rakennuslupa
	Käytetty arviointitapa		Yksinkertaistettu
	Rakennuksen arvioitu käyttöönottovuosi		2019

Elinkaariarvioinnin tulokset	Hiilijalanjälki	Hiilikädenjälki
	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> <sub>netto</sub>	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> <sub>netto</sub>
<b>Elinkaaren aikana syntyvät päästöt yhteensä (A-D)</b>	<b>707</b>	<b>-110</b>
<b>Päästöt ennen käyttöä (vaiheet A1-5)</b>	<b>399</b>	<b>-110</b>
Tontti	135	0
Kantavat rakenteet	213	-89
Kevyet rakenteet	32	-21
Talotekniikka	10	0
<b>Päästöt käytön aikana (vaiheet B3-4, 6)</b>	<b>276</b>	<b>0</b>
<b>Päästöt käytön jälkeen (vaihe C)</b>	<b>31</b>	<b>0</b>
<b>Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset (D)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>



Arvioinnin tekijät		
	Arvioinnin laatija	Arvioinnin tarkastaja
Nimi	Sanna Lindgren	
Koulutus	Rakennus ja yhdyskuntatekniikan opiskelija	
Päivämäärä	20.8.2019	

## KÄYTTÖVAIHE, A-ENERGIATEHOKKUUSLUOKKA, VANHA ARVIOINTI-TYÖKALU

### Rakennuksen hiilijalanjäljen arviointityökalun luonnos

Luonnos lausuntokierrosta varten 16.11.2018



### Käyttövaiheen päästöjen arviointi

		Hiilijalanjälki	Hiilikädenjälki
		kgCO <sub>2</sub> e	kgCO <sub>2</sub> e
<b>Ennen käyttöä syntyvät päästöt yhteensä</b>		<b>63 311</b>	<b>0</b>
<b>Energiankäyttö (B6)</b>	<b>Energiankulutus (kWh/a)</b>	<b>62 853</b>	<b>0</b>
Sähkö	13 013	62 853	-
Kaukolämpö		0	-
Fossiiliset polttoaineet		0	-
Uusiutuvat polttoaineet	5 001	0	-

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

<b>Korjaukset ja osien vaihdot (B3-4)</b>		<b>459</b>	<b>0</b>
---	--	------------	----------

Korjausten ja vaihtojen päästövaikutukset perustuvat taulukkoarvoihin.

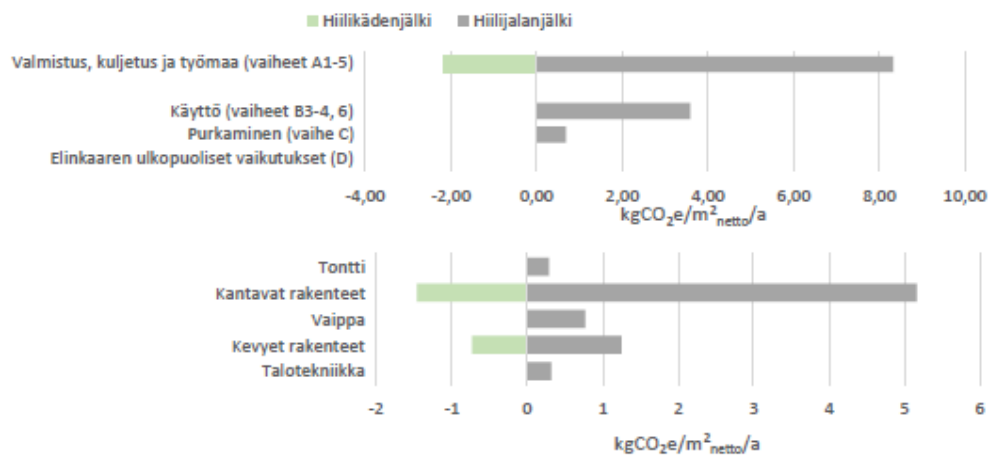
## LASKENNAN TULOS, LUPAVAIHE, PÄIVITETTY ARVIOINTITYÖKALU

## Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu

Luonnos hiilijalanjäljen arvioinnin testausta varten 9.12.2019

Ympäristöministeriö  
Ministry of the Environment

Elinkaariarvioinnin tulokset	Hiilijalanjälki tn CO <sub>2</sub> e	Hiilikädenjälki tn CO <sub>2</sub> e
Elinkaaren aikana syntyvät kokonaispäästöt (A-D)	144	-25
	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> netto/a	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> netto/a
Vuotuiset päästöt lämmitettyä nettoalaa kohden (A-D)	12,58	-2,19
Valmistus, kuljetus ja työmaa (vaiheet A1-5)	8,33	-2,19
Tontti	0,29	
Kantavat rakenteet	5,16	-1,46
Vaippa	0,77	
Kevyet rakenteet	1,25	-0,73
Talotekniikka	0,32	
Käyttö (vaiheet B3-4, 6)	3,58	
Purkaminen (vaihe C)	0,67	
Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset (D)		



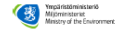
## Kumulatiiviset vuotuiset päästöt





# MATERIAALILUETTELO, PÄIVITETTY ARVIINTITYÖKALU

Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu  
Luonnon hiilijalanjäljen arvioinnin testausta varten 9.12.2019



## Materiaaliluettelo

Syötä rakennuksen materiaalitiedot alla olevaan listaan esim. Määräluetteloon perustuen. Hiilijalanjäljen ja -äidenjäljen päästöt muodostuvat automaattisesti, kun määrät on syötetty. Lisää tarvittaessa rivinjä kunkin otsakkeen alle "Lisää rivi" -napilla. Jos tarkempi päästötieto jollekin tuotteelle tai materiaalille on olemassa, voit syöttää sen painamalla "korvaa taulukkoarvoja tarkemmilla tiedoilla" -napilla.

Littera	Rakennusosa	Materiaalin tyyppi	Materiaali	Määrä	yks	kgCO <sub>2</sub> e		Tarkennetut kertoimet		a	kpl	kgCO <sub>2</sub> e
						Hiilijalanjälki	Hiilidänsijälki	Hiilijalanjälki	Hiilidänsijälki			
<b>Tontti (1.1. Alueosat)</b>												
	Sora	PIHA JA POHJARAKENTEET	Sora ja hiekka	657 000	kg	3 177						Ei vaihdeta
	kuitukangas	PIHA JA POHJARAKENTEET	Kuitukangas	39	kg	89						Ei vaihdeta
<b>Total</b>						<b>3 266</b>						
<b>Kaivat rakenteet (1.2.1-1.2.3 Talo-osat)</b>												
	Antura	Betoni	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Valmisbetoni C35 (portland)	42 193	kg	6 153					Ei vaihdeta
	Rouditus	RAUDOITUS	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Betoniteräs	1 188	kg	563					Ei vaihdeta
	Routasuojia	PIHA JA POHJARAKENTEET	Routaeriste, EPS		624	kg	2 083					50
	Perusmuuri	Harkot	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Valmisbetoni C35 (portland)	117 608	kg	17 151					Ei vaihdeta
		Eriste	PIHA JA POHJARAKENTEET	Routaeriste, EPS	26	kg	87					50
		Rouditus	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Betoniteräs	635	kg	301					Ei vaihdeta
	Alapohja	Betonivalu	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Valmisbetoni C35 (portland)	58 757	kg	8 569					Ei vaihdeta
		Rouditus	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Betoniteräs	274	kg	130					Ei vaihdeta
		Eriste	PIHA JA POHJARAKENTEET	Routaeriste, EPS	1 809	kg	6 038					50
	Ulkoseinät	Koorauspuut	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	1 895	kg	174					Ei vaihdeta
		Kunjo	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	2 338	kg	215					-3 624
		Yläjuoksu	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	206	kg	19					-319
		Alajuoksu	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	336	kg	31					-521
		Runkotolpat	PILARIT JA PALKIT	Palkki tai pilari, puu	121	kg	11					-188
	Välipohja	Betonilaatta	LAATAT	ontelo-laatta 200	27 950	kg	4 971					Ei vaihdeta
		Betoni	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Valmisbetoni C35 (portland)	77 812	kg	11 348					Ei vaihdeta
		Rouditus	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Betoniteräs	1 442	kg	684					Ei vaihdeta
	Yläpohja	koorauspuut	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	628	kg	58					-973
		kattoristikot	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	1 357	kg	125					-2 103
		kattokannattajat	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	402	kg	37					-623
		Pystyvinoreivaus	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	1 203	kg	111					-1 865
		Jäykistykset	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	751	kg	69					-1 164
		kannatinsalkki	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	240	kg	22					-372
	Vesikatko	Harvalauditus	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	241	kg	22					-374
		Tuuletusrima	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	200	kg	18					-310
		kattorouroteet	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	460	kg	42					-713
		Otsalaudat	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	365	kg	34					-566
		Pilarit	PILARIT JA PALKIT	Palkki tai pilari, puu	49	kg	5					-76
<b>Total</b>						<b>59 070</b>	<b>-16 728</b>					
<b>Vaiippa (1.2.4-1.2.6 Talo-osat)</b>												
	Vesikate	Teräskate + suojaпельti	KATTEET	teräs, sinkitty ja maali	1 870	kg	5 442					50
	ikkunat	Puu-alumiini-ikkuna	IKKUNAT JA OVET JA LASISEINÄT	ikkunat, Puu-alumiini-ikkuna, sisältää myös lasit	15	m <sup>2</sup>	1 712					50
	Ovet	Ulko-ovi, puu	IKKUNAT JA OVET JA LASISEINÄT	Ovi, ulko, puu	14	m <sup>2</sup>	855					40
		Ulko-ovi, teräs	IKKUNAT JA OVET JA LASISEINÄT	Ovi, ulko metalli	6	m <sup>2</sup>	123					50
		Terassin liukuovi	IKKUNAT JA OVET JA LASISEINÄT	Ovi, lasi	16	m <sup>2</sup>	159					50
		Terassin lasikatto	IKKUNAT JA OVET JA LASISEINÄT	Lasiverhoilu ja seinät	12	m <sup>2</sup>	119					50
	Ulkoseinä	Lämmöneriste, ekovilla	LÄMMÖNERISTEET	Eriste kierrätyspaperi	2 146	kg	270					Ei vaihdeta
		Höyrynsulku	KOSTEUSERISTE	kosteussulku	41	kg	123					Ei vaihdeta
<b>Total</b>						<b>8 802</b>						<b>855</b>
<b>Kevyet rakenteet (1.3 Tila-osat)</b>												
	Ovet	sisä-ovi	IKKUNAT JA OVET JA LASISEINÄT	Ovi, sisä	26	m <sup>2</sup>	905					50
	Portaat	Portaat, betoni	PORTAAT	betoni	4 557	kg	1 127					Ei vaihdeta
		Portaat, Teräs	PORTAAT	teräs	67	kg	190					50
	Perusmuurin pinnoite	Tasoite	MAALIT JA TASOITTEET	Tasoite, sementtipohj.	94	kg	17					30
		Pintarappaus	MAALIT JA TASOITTEET	Tasoite, sementtipohj.	751	kg	139					30
		Tähtimälaasti	MAALIT JA TASOITTEET	Tasoite, sementtipohj.	451	kg	84					30
		Tähtimälaasti	MAALIT JA TASOITTEET	Tasoite, sementtipohj.	2 387	kg	443					30
		Pintarappaus	MAALIT JA TASOITTEET	Tasoite, sementtipohj.	2 387	kg	443					30
		Aqua-panel	LEVIT	kuitusementti	4 266	kg	3 015					50
		Tuulensuojalevy	LEVIT	kuitutuulensuoja	859	kg	393					-1 314
		Kipsilevy	LEVIT	kipsilevy	2 593	kg	1 087					50
		Kipsilevy	LEVIT	kipsilevy	4 662	kg	1 954					50
	Väliseinät	kooraus	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	3 032	kg	279					-4 700
		Eriste, ekovillalevy	LÄMMÖNERISTEET	Eriste kierrätyspaperi	476	kg	60					Ei vaihdeta
		Nauhausrimit	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	27	kg	2					-42
	Välipohja	Parketit	LATTIAPÄÄLLYSTEET JA BETONIT	parketti + alustrak	147	kg	94					25
		Tasoite	MAALIT JA TASOITTEET	Tasoite, sementtipohj.	258	kg	48					30
		Lattialattiat	LEVIT	kipsilevy	10	kg	4					50
		Lattianvaneri	LEVIT	vaneri	270	kg	77					-443
		kooraus	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	108	kg	10					-167
		Lämmöneriste	LÄMMÖNERISTEET	EPS	224	kg	763					Ei vaihdeta
		Lattianvanerit	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	1 118	kg	103					-1 733
	Yläpohja	Kipsilevy	LEVIT	kipsilevy	2 506	kg	1 050					50
		Höyrynsulku	KOSTEUSERISTE	kosteussulku	35	kg	105					Ei vaihdeta

	Levyillä	LÄMMÖNERISTEET	Eriste kierrätyspaperi	881 kg	111				Ei vaihdeta	
	Puhallusvilla	LÄMMÖNERISTEET	Eriste kierrätyspaperi	2 609 kg	339				Ei vaihdeta	
	SPU-levy	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, polyuretaani	334 kg	1 454				Ei vaihdeta	
<b>Total</b>						14 295	-8 399		1 268	
<b>Talotekniikka (2.1-2.4 Tekniikkaosat)</b>										
		TALOTEKNIIKAN KOKONAISPÄÄSTÖT	Sähköosenukset ja kaapeloinnit	229 m2	1 209			25	1	1 209
		TALOTEKNIIKAN KOKONAISPÄÄSTÖT	Vesijohtojärjestelmä	229 m2	616			50		
		TALOTEKNIIKAN KOKONAISPÄÄSTÖT	Viemäriputkisto	229 m2	119			50		
		TALOTEKNIIKAN KOKONAISPÄÄSTÖT	Lämmönjakokeskus	229 m2	121					Ei vaihdeta
		TALOTEKNIIKAN KOKONAISPÄÄSTÖT	Ilmanvaihtojärjestelmä (huoneistokohtaiset koneet, kanavisto ja päätelaitteet)	229 m2	1 596			25	1	1 596
<b>Total</b>						3 564				2 802
<b>Kaikki materiaalit yhteensä</b>						89 097	-25 126			4 928
						Hiihtälänjälki	Hiihtälänjälki			Vaihtojen hiihtälänjälki

## KÄYTTÖVAIHE, LUPAVAIHE, PÄIVITETTY ARVIOINTITYÖKALU

## Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu

Lunnon hiilijalanjäljen arvioinnin testausta varten 9.12.2019

Ympäristöministeriö  
Miljöministeriet  
Ministry of the Environment

## Käyttövaiheen päästöjen arviointi (B)

		Hiilijalanjälki	Hiilikädenjälki
		kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> <sub>netto</sub> /a	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> <sub>netto</sub> /a
Käytön aikana syntyvät päästöt yhteensä		3,58	
Energiankäyttö (B6)	Energiankulutus (kWh/m <sup>2</sup> <sub>netto</sub> /a)	3,11	
Sähkö	64,70	3,11	-
Kaukolämpö			-
Fossiiliset polttoaineet			-
Uusiutuvat polttoaineet	21,80		
Ylijäämäenergia	Energian tuotanto (kWh/m <sup>2</sup> <sub>netto</sub> /a)		
Sähkö		Verkkoon syötetty uusiutuvilla polttoaineilla tuotettu sähkö	
Lämpö		Verkkoon syötetty uusiutuvilla polttoaineilla tuotettu lämpö	

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

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

# LASKENNAN TULOS, A-ENERGIATEHOKKUUSLUOKKA, PÄIVITETTY AR- VIOINTITYÖKALU

## Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu

Luonnos hiilijalanjäljen arvioinnin testausta varten 9.12.2019



Ympäristöministeriö  
Miljöministeriet  
Ministry of the Environment

### Yhteenveto

Lähtötiedot		
Rakennuskohteen tiedot	Kohteen nimi*	Satutie
	Rakennustunnus	
	Osoite	Satutie 16, 28600 PORI
Rakennuksen tekniset tiedot	Rakennustyyppi	Asuinrakennukset
	Kerrosala [kem <sup>2</sup> ]	227
	Lämmitetty nettoala [m <sup>2</sup> <sub>netto</sub> ]*	229
	Kerrosten lukumäärä	2
	Kellarikerrosten lukumäärä	
	Pääasiallinen runkomateriaali	Puu
	Energialuokka	B
Laskennan tiedot	Laskenta-ajanjakso*	50
	Arvioinnin tekovaihe	Rakennuslupa
	Käytetty arviointitapa	Yksinkertaistettu
	Rakennuksen arvioitu käyttöönottovuosi*	2020

\*pakollinen tieto

Arvioinnin tekijät		
	Arvioinnin laatija	Arvioinnin tarkastaja
Nimi	Sanna Lindgren	
Yritys	SAMK	
Koulutus	nnus- ja yhdyskuntatekniikan opiskelija, LVI-tekn	
Päivämäärä	29.1.2020	

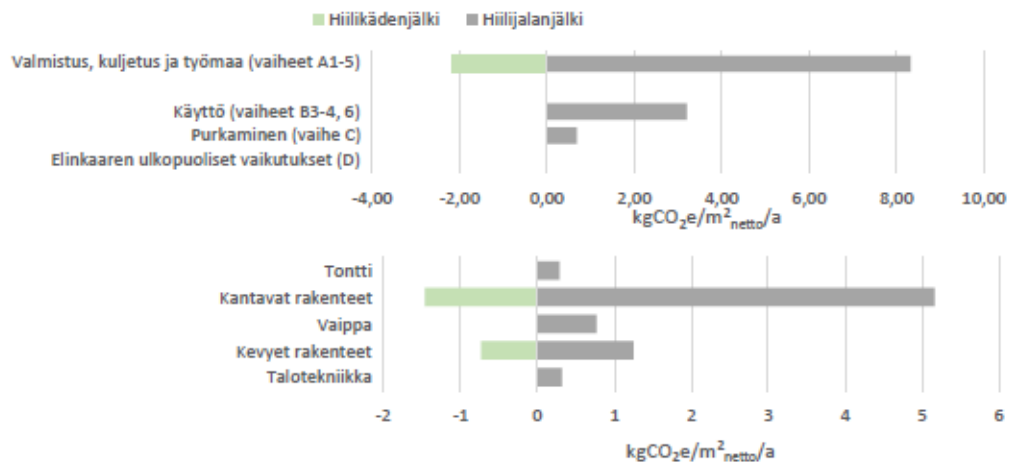
# Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu

Luonnon hiilijalanjäljen arvioinnin testausta varten 9.12.2019

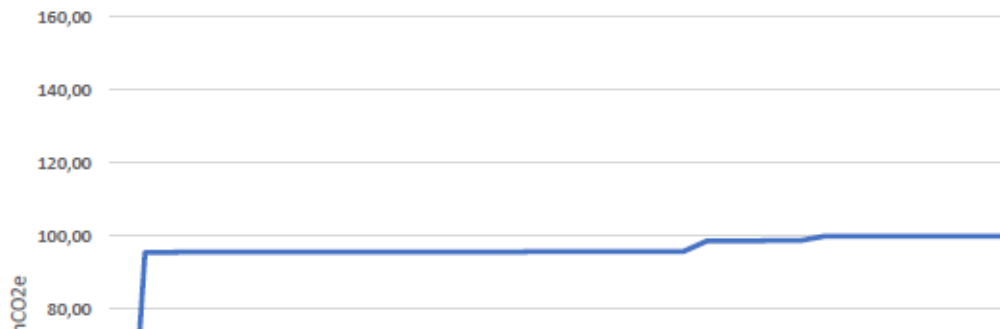


Ympäristöministeriö  
Ministry of the Environment

Elinkaariarvioinnin tulokset	Hiilijalanjälki tn CO <sub>2</sub> e	Hiilikädenjälki tn CO <sub>2</sub> e
<b>Elinkaaren aikana syntyvät kokonaispäästöt (A-D)</b>	<b>140</b>	<b>-25</b>
	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> <sub>netto</sub> /a	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> <sub>netto</sub> /a
<b>Vuotuiset päästöt lämmitettyä nettoalaa kohden (A-D)</b>	<b>12,20</b>	<b>-2,19</b>
Valmistus, kuljetus ja työmaa (vaiheet A1-5)	8,33	-2,19
Tontti	0,29	
Kantavat rakenteet	5,16	-1,46
Vaippa	0,77	
Kevyet rakenteet	1,25	-0,73
Talotekniikka	0,32	
Käyttö (vaiheet B3-4, 6)	3,20	
Purkaminen (vaihe C)	0,67	
Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset (D)		



## Kumulatiiviset vuotuiset päästöt



## KÄYTTÖVAIHE, A-ENERGIATEHOKKUUSLUOKKA, PÄIVITETTY ARVI- OINTITYÖKALU

### Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu

Luonnos hiilijalanjäljen arvioinnin testausta varten 9.12.2019



Ympäristöministeriö  
Miljöministeriet  
Ministry of the Environment

### Käyttövaiheen päästöjen arviointi (B)

	Hiilijalanjälki	Hiilikädenjälki
	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> <sub>netto</sub> /a	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> <sub>netto</sub> /a
<b>Käytön aikana syntyvät päästöt yhteensä</b>	<b>3,20</b>	

Energiankäyttö (B6)	Energiankulutus (kWh/m <sup>2</sup> <sub>netto</sub> /a)		
Sähkö	56,80	2,73	-
Kaukolämpö			-
Fossiiliset polttoaineet			-
Uusiutuvat polttoaineet	21,80		

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

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

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