

Tarleena Partanen

RAKENNUKSEN HIILIJALANJÄLJEN ARVIOINTI

RAKENNUKSEN HIILIJALANJÄLJEN ARVIOINTI

Tarleena Partanen
Opinnäytetyö
Kevät 2020
Rakennusarkkitehdin tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennusarkkitehdin tutkinto-ohjelma

Tekijä: Tarleena Partanen
Opinnäytetyön nimi suomeksi: Rakennuksen hiilijalanjäljen arviointi
Opinnäytetyön nimi englanniksi: Assessment of Carbon Footprint of Buildings
Työn ohjaaja: Anu Montin
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2020
Sivumäärä: 43 + 6 liitettä

Rakentaminen ja rakennukset tuottavat tällä hetkellä noin kolmanneksen Suomen kasvihuonepäästöistä. Rakentamisesta aiheutuvia päästöjä on vähennettävä, jotta Suomi pystyy saavuttamaan kansainväliset ilmastotavoitteensa. Ilmastolakiin kirjatun kansallisen päästövähennystavoitteen mukaan EU on sitoutunut vähentämään kasvihuonepäästöjään vuoden 1990 arvosta vähintään 40 prosenttia vuoteen 2030 mennessä. Ympäristöministeriön tavoitteena on, että rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen määrittäminen otetaan osaksi rakentamismääräyksiä 2020-luvun puoliväliin mennessä. Ympäristöministeriö on kehittänyt koekäyttöön hiilijalanjäljen arviointityökalun, jonka avulla rakennuksen vähähiilisyyttä arvioidaan.

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää erilaisten runkotyyppien vaikutus rakennuksen hiilijalanjälkeen ja sen kautta tutustua hiilijalanjäljen arviointityökaluun. Tutkimus tehtiin rakennusliike Joperalle, jonka vakiorakenteiden ilmastovaikutuksia työssä verrattiin. Opinnäytetyössä tutkittiin tyyppi-pientalon eri runkovaihtoehtojen vaikutusta rakentamisen hiilijalan- ja -kädenjälkeen Ympäristöministeriön julkaiseman Rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmän avulla.

Tutkimuksesta saatiin keskenään vertailukelpoiset laskelmat eri runkotyyppien hiilijalanjäljestä pientalohankkeessa. Tutkimus osoitti, että rakennusmateriaaleilla on merkitystä hiilijalanjäljen muodostumisessa, jos rakennuksen energiankulutuksesta aiheutuvien päästöjen osuus on vähäinen.

Ympäristöministeriön luoma rakennuksen vähähiilisyyden arviointityökalu todettiin käyttökelpoiseksi työvälineeksi rakennuksen hiilijalanjäljen arviointiin. Tutkimuksessa nousi esiin kehitettäviä asioita, joilla työkalun käyttöä voitaisiin helpottaa. Kävi ilmi, että arvioinnin tekeminen arviointityökalulla oli hyödyllistä, opettavaista ja ajankohtaistakin nyt, kun rakennuksen vähähiilisyyden arviointi on tulossa osaksi rakentamisen määräyksiä.

Asiasanat: ilmastonmuutos, hiilijalanjälki, hiilikädenjälki, hirsirunko, puurunko, vähähiilinen rakentaminen

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree programme in Construction Architecture

Author(s): Tarleena Partanen
Title of thesis: Assessment of Carbon Footprint of Buildings
Supervisor(s): Anu Montin
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2020
Pages: 43 + 6 appendices

Construction generates about a third of Finland's greenhouse gas emissions. For Finland to be able to achieve its international climate goals, emissions of the construction sector must be reduced. The carbon footprint of construction will be incorporated into building regulation by 2025. Ministry of the Environment has developed a tool for trial use to calculate buildings' carbon footprint.

The aim of the thesis was to find out how different framework solutions affect the buildings' carbon footprint. The study was carried out for the construction company Jopera, whose standard frames were compared in the work. The carbon footprint of a type house was calculated with a wooden frame, eco frame and log frame in the study.

The study resulted in comparable calculations for a detached house project. The study showed that the building materials play a role in the formation of the carbon footprint when the share of emissions from energy use is low.

The method for assessing the low carbon of a building created by Ministry of the Environment was found to prove useful for assessing the low carbon of a building. The assessment tool still needs to be developed in terms of guidelines and fluency in use. Conducting the study with an assessment tool was found to be useful and instructive as the low carbon assessment of the building become part of the building regulations.

Keywords: climate change, footprint, wood frame, log frame

ALKULAUSE

Ympäristön säästäminen on kaikkien tehtävä. Rakennetulla ympäristöllä on merkittävä osa ilmastonmuutoksen hillitsemisessä, ja suunnittelijat ovat keskiössä ilmastonmuutoksen kestäväen rakentamisen edistämisessä.

Haluan kiittää perhettäni ja kaikkia läheisiäni, joita ilman tämä prosessi ei olisi ollut mahdollinen. Kiitän kaikkia opiskelu- ja työkavereitani, jotka ovat tukeneet, kannustaneet ja luoneet uskoa opintojeni ja työurani aikana.

Osoitan suuret kiitokset opinnäytetyöni ohjaajalle Anu Montinille suuresta kannustuksesta ja innostuksesta, jota hän on niin opiskelujeni kuin tämänkin prosessin aikana osoittanut. Suuret kiitokset kaikille niille opettajille, jotka ovat minua opiskelujeni aikana opettaneet.

Tarleena Partanen, Oulussa 15.5.2020

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
1 JOHDANTO	8
2 VÄHÄHIILINEN RAKENTAMINEN	9
2.1 Hiilijalanjälki	10
2.2 Hiilikädenjälki	11
2.3 Hiilinielu	11
3 RAKENNUKSEN VÄHÄHIILISYYDEN ARVIOINTIMENETELMÄ	13
4 RUNKOTYYPPIEN HIILIJALANJÄLJEN VERTAILU	17
4.1 Tyyppitalojen mallinnus	19
4.2 Rakenteiden materiaaliluettelo	19
4.2.1 Tontti	20
4.2.2 Perustus	21
4.2.3 Alapohja	22
4.2.4 Puurunko	23
4.2.5 Ekorunko	24
4.2.6 Hirsirunko	26
4.2.7 Väliseinät	27
4.2.8 Ikkunat ja ovet	28
4.2.9 Yläpohja	29
4.3 Rakennuksen energiankulutus	30
4.4 Arviointityökalun käyttö	30
5 TULOKSET	32
5.1 Elinkaaren aikaiset päästöt ja niiden jakautuminen	32
5.2 Hiilivarastojen merkitys	33
5.3 Päästöt ennen käyttöä ja niiden jakautuminen	34
5.4 Materiaalivalintojen vaikutus päästöihin	35
6 JOHTOPÄÄTÖKSET	37
7 POHDINTA	40

1 JOHDANTO

Ilmastonmuutos on tällä hetkellä yksi suurimmista maailmanlaajuisista kriiseistä. Tavoitteet ilmastonmuutoksen pysäyttämiseksi ovat luoneet tarpeen kehittää keinoja, joilla sen etenemistä voidaan hidastaa. (1.)

Rakentaminen tuottaa noin kolmanneksen Suomen kasvihuonepäästöistä. Ympäristöministeriön julkaiseman vähähiilisen tiekartan (2017) mukaan rakennusten elinkaaren aikaisia hiilidioksidipäästöjä aletaan arvioida ja ottaa huomioon rakentamisen määräyksissä vuoteen 2025 mennessä. (1.)

Työn tavoitteena on tuoda näkyviin erityyppisten runkoratkaisujen vaikutus ilmastoon ja auttaa suunnittelijoita optimoimaan rakennusten hiilijalanjälkeä suunnittelun aikana. Työssä verrataan perinteisen puurunkoisen, ekorunkoisen ja hirsirunkoisen talon ympäristövaikutuksia hiilijalanjäljen ja hiilikädenjäljen avulla.

Työtä varten suunnitellaan tyyppiointialo, jonka avulla havainnollistetaan, miten hiilijalanjälki muodostuu rakentamisessa ja miten erilaiset runkoratkaisut vaikuttavat hiilijalanjälkeen. Työssä arvioidaan, miten Ympäristöministeriön luoma Excel-arviointityökalu soveltuu hiilijalanjäljen arvioimiseen pientalohankkeessa.

Työn tilaajana toimii Jopera Oy, joka on vuonna 1993 perustettu rakennusliike. Jopera rakentaa pientaloja niin hirrestä kuin perinteisestä pystyrungostakin. Noin 60 henkeä työllistävä yritys toimii Oulun lisäksi pääkaupunkiseudulla ja Pirkanmaalla. (2.)

2 VÄHÄHIILINEN RAKENTAMINEN

Rakentaminen muodostaa tällä hetkellä huomattavan suuren osan Suomen energiankulutuksesta ja kasvihuonepäästöistä. Noin 40 % kokonaisenergian kulutuksesta käytetään rakennuksissa. Rakentaminen, rakennusten lämmittäminen ja sähkönkäyttö aiheuttavat noin 30 % kasvihuonepäästöistä. Rakennusmateriaalien osuuden rakennuksen elinkaarenaikaisesta hiilijalanjäljestä on arvioitu olevan pieni verrattaessa rakennuksen käytönaikaisiin päästöihin. Rakennusmateriaalien tuotannossa muodostuu kuitenkin päästöjä. Rakennusmateriaalien tuotannon aikana muodostuneiden päästöjen osuus on sitä merkityksellisempi, mitä energiatehokkaampia rakennukset ovat ja miten paljon niissä on hyödynnetty ympäristön uusiutuvia energianlähteitä. (3, s. 11.)

Rakennuksen energiatehokkuus ja ympäröivä energiajärjestelmä vaikuttavat siihen, mikä on rakennusmateriaalien päästöjen osuus rakennuksen elinkaaren aikaisesta hiilijalanjäljestä. Tämänhetkisen arvion mukaan rakennusmateriaalien osuus rakennettavan rakennuksen elinkaaren aikaisesta hiilijalanjäljestä on noin 50 prosenttia tai jopa enemmän. Vuonna 2013 VTT:n arvion mukaan materiaalien merkitys rakennuksen elinkaaren aikaisiin päästöihin on ollut silloisen energiatehokkuusluokka A:n rakennuksessa samaa luokkaa kuin lämmityksestä aiheutuneet päästöt. Passiivitaloissa rakennusmateriaaleista aiheutuneiden päästöjen osuuden on arvioitu olevan jopa 50 % suurempi kuin lämmityksestä aiheutuneiden päästöjen osuuden. Rakennuksen ilmastovaikutuksia kuvattaessa on siis tärkeää ottaa huomioon päästöt, joita muodostuu koko rakennuksen elinkaaren aikana, sillä rakennus vaikuttaa ilmastoon koko elinkaarensa ajan. (3, s. 11.)

Rakennuksen elinkaariarviointiin sisällytetään sen kaikki vaiheet: raaka-aineiden hankinta, rakennustuotteiden valmistus, kuljetukset, rakentaminen, käyttö, ylläpito ja korjaukset, purkaminen sekä materiaalien kierrättäminen tai loppusijoitus kaatopaikalle. Rakennuksen elinkaari jaetaan viiteen vaiheeseen, joita ovat tuotetai vaihe, rakennusvaihe, käyttövaihe, elinkaaren loppuvaihe sekä järjestelmän rajojen ulkopuoliset hyödyt ja haitat. Kahden ensimmäisen vaiheen ilmastovaikutuksia on helpointa arvioida, sillä ne tapahtuvat lähitulevaisuudessa. Loppujen vaiheiden arviointi on hankalampaa, sillä ne perustuvat arviointeihin. (4, s. 5.)

Ympäristöministeriön asettaman tavoitteen täyttämiseksi vuoden 2025 jälkeen kaikkien uusien rakennusten tulisi olla lähes nollaenergialuokkaa. Pientalojen kohdalla kyseinen tavoite on jo lähes saavutettu. Nollaenergiatalolla tarkoitetaan rakennusta, joka tuottaa vuoden aikana yhtä paljon energiaa kuin kuluttaa. Nollaenergiatalon voi toteuttaa monella eri tavalla, eikä kyse ole pelkästään käytön-aikaisesta kulutuksesta. Vaikka rakennus ei käyttönsä aikana kuluta ulkopuolista energiaa, sen rakennusvaiheessa voi syntyä huomattavia kasvihuonepäästöjä. Tämän vuoksi rakennusmääräyksissä tullaan ottamaan huomioon myös rakennusmateriaalien ympäristövaikutukset. (5, s. 4.)

2.1 Hiilijalanjälki

Hiilijalanjäljellä tarkoitetaan ihmisen toiminnan seurauksena syntyvää ilmastokuormaa. Hiilijalanjälki voidaan määrittää yritykselle, organisaatiolle toiminnalle tai tuotteelle. (6.)

Rakennuksen hiilijalanjälkeä mitataan kasvihuonepäästöjen summana sen elinkaaren aikana. Rakennuksista syntyy päästöjä koko elinkaaren ajan, joko suoraan tai välillisesti. Hiilijalanjäljen arvioinnilla voidaan selvittää, miten erilaiset ratkaisut vaikuttavat rakennuksen hiilijalanjäljen muodostumisessa. Arvioimalla rakennuksen ilmastovaikutuksia jo varhaisessa vaiheessa voidaan ilmastokuormaa pienentää huolellisen ennakkosuunnittelun avulla. (7.)

Rakennusten hiilijalanjäljen laskemista varten on julkaistu eurooppalainen standardi SFS-EN 15978. Standardin mukaisessa laskentatavassa rakennuksen elinkaari jaetaan rakennustuotteiden tuottamisesta ja kuljetuksesta työmaatoimintoihin, rakennuksen käyttöön, kunnossapitoon ja osien vaihtoon. Myös rakennuksen energian ja veden käyttö otetaan mukaan arviointiin. Arvioinnin lopussa huomioidaan purkuvaihe. (8.)

Rakennuksen ja rakennusmateriaalien hiilijalanjäljen arviointiin on olemassa erilaisia määritelmiä ja rajauksia. Menetelmien erot muodostuvat siitä, mitkä kasvihuonekaasut arvioidaan, mihin tarkastelu rajataan ja mitkä elinkaarivaiheet sisällytetään arviointiin. (8.)

Hiilijalanjälkeä mitataan omalla mittayksiköllä, jota kutsutaan hiilidioksidiekvivalentiksi (kg CO₂e). Siinä on muunnettu eri kasvihuonekaasujen ilmastoa lämmitävä vaikutus hiilidioksidin vastaavaksi vaikutukseksi. Tämä tarkoittaa lämpenemisvaikutusta, jonka 1 kg ilmakehään pääsystä hiilidioksidia aiheuttaa 100 vuodessa. (7.)

2.2 Hiilikädenjälki

Hiilikädenjäljellä mitataan tuotteen myönteisiä ilmastovaikutuksia, toisin kuin hiilijalanjäljellä, joka kuvaa tuotteen negatiivisia ilmastovaikutuksia. Rakentamisen yhteydessä hiilikädenjäljellä kuvataan niitä saavutettuja positiivisia ilmasto-työtyjä, jotka saavutetaan rakennuksen elinkaaren aikana ja joita ilman rakennushanketta ei syntyisi. Myönteisiä ilmastovaikutuksia aiheuttavat esimerkiksi materiaaleihin varastoitunut eloperäinen hiili, elinkaaren aikana materiaaleihin sitoutunut hiilidioksidi ja rakennustuotteiden kierrätys. (9.)

Mittayksikkö hiilikädenjälkeä laskettaessa on sama kuin hiilijalanjälkeä laskettaessa (kg CO₂e), mutta tulos ilmoitetaan negatiivisena. Hiilikädenjälkeä ei vähennetä hiilijalanjäljestä, vaan se ilmoitetaan omana yksikkönään. Hiilikädenjäljen arvioimisen tavoitteena on kannustaa suunnittelijoita ja rakennusliikkeitä kehittämään ja innovoimaan parempia ilmastoratkaisuja suunnitelmissaan. (10.)

2.3 Hiilinielu

Hiilinielulla tarkoitetaan hiilivarastoa, joka varastoi hiiltä sisältävää kemiallista yhdistettä, kuten hiilidioksidia. Hiilinielu on vastakohta hiililähteelle. Hiilinieluja ovat kaikki organismit, jotka käyttävät fotosynteesiä, kuten meret ja kasvit, jotka sitovat voimakkaasti hiilidioksidia itseensä. Hiilinieluilla on suuri merkitys ilmastomuutoksen kannalta, sillä merien ja metsäalueiden on arvioitu sitovan noin neljänneksen maailman hiilidioksidipäästöistä. (11.)

Suomessa metsät ovat tärkein luonnollinen hiilinielu. Metsä hiilinieluna tarkoittaa, että metsään sitoutuu hiilidioksidia enemmän kuin sitä sieltä vapautuu ilmakehään. Kasvaessaan metsät sitovat hiiltä niin maaperään kuin itseensä. Kun puuta käytetään, hiili vapautuu takaisin ilmakehään. Suomalainen metsä toimii hiilinieluna, koska metsien kasvaessa ne sitovat enemmän hiiltä kuin sitä vapautuu

metsien käytön ja luonnollisen poistuman vuoksi. Tämän vuoksi hakkuiden määrä ei saisi ylittää metsän kasvua. (11.)

Rakentamisella voidaan tuottaa hiilivarastoja, sillä puu varastoi itseensä hiiltä, vaikka se kaadetaankin metsästä. Jotta hiilineutraaliuden tavoitteet saavutetaan, tulisi rakentamisessa käyttää enenemissä määrin puuta. Puusta rakennettu talo toimii pitkäaikaisena hiilen varastona, koska puurakenteisen rakennuksen puukuutio sitoo noin tonnin verran hiilidioksidia ilmakehästä. Hiili pysyy pois ilmakehästä sitä pidempään, mitä pidempään rakennukset ovat käytössä. (12.)

3 RAKENNUKSEN VÄHÄHIILISYYDEN ARVIOINTIMENETELMÄ

Ympäristöministeriö on laatinut vuonna 2017 vähähiilisen rakentamisen tiekartan, jonka mukaan elinkaaren vähähiilisyys tullaan ottamaan huomioon rakentamisen rakennusmääräyksissä vuoteen 2025 mennessä. Maankäyttö- ja rakennuslaki on ottanut vähähiilisuuden mukaan osaksi käynnissä olevaan kokonaisuudistukseen. (13, s. 3.)

Ympäristöministeriö on kehittänyt luonnosversion rakentamisen hiilijalanjäljen arvioimista varten. Luonnosversio on kehitetty lausuntokierrosta varten, ja siinä esitellään kansallinen menetelmä hiilijalanjäljen arviointiin. Kansallinen hiilijalanjäljen arviointimenetelmä oli lausuntokierroksella vuosien 2018 ja 2019 vaihteessa. Rakennuksen vähähiilisuuden arviointiin soveltuva työkalu on siirtynyt pilotoitujen rakennushankkeiden testattavaksi syksyllä 2019. Arviointityökalusta laaditaan vuoden 2020 loppuun mennessä rakennustuotteiden ja -prosessien päästötietokanta sekä vakioidut oletukset päästöjen kehittymisestä rakennuksen elinkaaren aikana. Tavoitteena on, että työkalu saadaan käyttöön vuoteen 2025 mennessä. (13, s. 9.)

Ympäristöministeriön luoma arviointimenetelmä perustuu Euroopan komission laatimaan Level(s)-menetelmään, jonka pohjana ovat eurooppalaiset kestäväää rakentamista koskevat standardit, kuten EN 14643 -sarja, EN 15978 ja EN 15804. (13, s. 11.)

Arviointimenetelmä soveltuu niin uudis- kuin korjausrakentamisen hankkeisiin. Hiilijalanjäljen arviointia voidaan tehdä jo rakennussuunnittelun aikana, jolloin rakennuksessa käytettävistä materiaaleista on olemassa jo tarpeeksi yksityiskohtaisia tietoja määrälaskentaa varten. Mallinnusohjelmista on saatavilla tarkkaa tietoa rakennusmateriaalien määräluetteloista jo varhaisessa suunnitteluvaiheessa. (13, s. 12.)

Rakennuksen vähähiilisuuden arviointiin sisältyy koko rakennus, tontin rakenteista aina keskeiseen osaan taloteknisistä järjestelmistä. Arvioinnin ulkopuolelle jätetään tontilla oleva kasvillisuus, maaperä sekä rakentamisen aikana käytettä-

vät suojaukset ja telineet. Arvioinnissa otetaan huomioon koko rakennuksen elinkaari, johon sisältyvät rakennustuotteiden valmistus, kuljetukset, työmaatoiminnot, käyttö ja korjaukset sekä purku ja kierrätys. (13, s. 12.)

Rakennuksen hiilijalanjäljen arviointia varten tarvitaan rakennustuotteiden ja niiden prosessien päästötiedot. Suomessa käytössä oleva rakennustuotteiden ja -prosessien päästötietokanta on parhaillaan kehitystyön alla. Ennen päästötietokannan valmistumista arviointiin käytetään arviointityökalusta löytyviä päästötietoja ja skenaarioita. (13, s. 13.)

Hiilijalanjäljen arvioimista varten laaditaan taulukko rakennuksen tontin rakenteista, rakennuksessa käytettävistä materiaaleista ja rakennuksen keskeisistä taloteknisistä järjestelmistä. Arviointiin otetaan mukaan mahdollinen työmaalla syntyvä ylijäämä. Arvioinnin ulkopuolelle jätetään tontilla oleva kasvillisuus sekä tontin maaperään, kasvillisuuteen tai vesistöön kohdistuvien muutosten ilmastovaiikutukset. Rakentamisen aikana käytettävien telineiden, suojausten ja työmaatilojen vaikutus hiilijalanjälkeen jätetään myös arvioinnin ulkopuolelle. Hiilijalanjäljen arvioinnissa ei tarvitse huomioida tontilta mahdollisesti tarvittavia kunnostustöitä eikä purettavia rakennuksia. (13, s. 17.)

Arvioitavia rakennusosia tontilla ovat maaosat, tuennat ja vahvistukset, päällysteet ja alueen rakenteet. Kantavista rakenteista otetaan huomioon perustukset, alapohjat, rungot, julkisivut, ulkotasot ja kattorakenteet. Täydentäviksi rakenteiksi laskentaa varten katsotaan väliseinät ja ovet, portaat, pintarakenteet, tyypilliset kiintokalusteet sekä hormit ja tulisijat. Talotekniikkaan arvioitavia osia ovat lämmitysjärjestelmät, vesi-, viemäri-, ilmastointi- ja jäähdytysjärjestelmät, sprinklerit, sähköjärjestelmät ja hissit. Työmaalla kulutettu energia otetaan myös mukaan hiilijalanjäljen arviointiin. (13, s. 18.)

Rakennuksen käytön aikana vaihdettavien rakennustuotteiden määrä tulee arvioida laskennassa. Huomioon otetaan kaikki ne tuotteet, joiden tekninen käyttöikä on lyhyempi kuin rakennuksen tavoiteikä. Tuotteen käyttöiän ollessa pidempi kuin rakennuksen tavoiteikä arvioidaan sen uudelleenkäytön edellytykset ja sen myötä saavutetut vähähiilisyyden edut. (13, s. 19.)

Jätteenkäsittelyn ja loppusijoituksen hiilijalanjälkeä arvioidaan taulukon ohessa esitettyjen valmiiden taulukkoarvojen perusteella. Jokaiselle kohteelle voidaan myös laskea oma hiilijalanjälki materiaalilajiketta kohden. Mikäli arviointia tehdään korjausrakennushankkeelle, tulee huomioon ottaa kaikki materiaalit, jotka ovat olleet rakennuksessa ja tontilla ennen korjaushanketta. (13, s. 21.)

Rakennustyömaan hiilijalanjälki arvioidaan työmaalla kuluvan ostoenergian ja polttoaineiden päästöjen perusteella. Rakennustyömaalla syntyvä jäte arvioidaan ja otetaan mukaan laskentaan. Korjausrakennushankkeissa arviointiin otetaan mukaan ainoastaan hankkeen aikainen ja sen jälkeisen elinkaaren hiilijalanjälki. (13, s. 28.)

Rakennuksen elinkaaren aikaisen energian hiilijalanjälki lasketaan kertomalla laskennallisen ostoenergian kulutus käytetyn energiamuodon kertoimella. Energian hiilijalanjäljessä käytetään laskennassa päästökertoimia, joissa on otettu huomioon energia- ja ilmastostrategian mukainen energian päästöjen odotettu lasku Suomessa. (13; s. 29.)

Arviointimenetelmän avulla saadaan myös tieto rakennuksen hiilikädenjäljestä. Hiilikädenjäljellä esitetään arvioinnin yhteydessä rakennusmateriaalien kierrätyksen, uudelleen hyödynnettävyyden ja hiilen varastoinnin myönteisiä vaikutuksia. (13, s. 30.)

Laskennassa voidaan ottaa huomioon hiilivarastot eloperäisille materiaaleille, kuten puulle. Arviointiin voi sisällyttää vain niitä rakennusosia, jotka on otettu mukaan arviointiin rakennuksen materiaalien hiilijalanjälkeä laskettaessa. Hiilivarastoksi lasketaan vai se osuus eloperäisestä materiaalista, joka päättyy lopullisiin rakennustuotteisiin. Eloperäisten tuotteiden hiilivarasto voidaan laskea kertomalla materiaalin kuivapaino sen sisältämän hiilen määrällä. Hiilivarastojen laskennan tulokset ilmoitetaan hiilidioksidikiloina. (13, s. 29, 30.)

Sementin karbonatisoitumisen hiilinielun voi laskea osaksi hiilikädenjälkeä. Sementin karbonatisoitumisen otetaan mukaan laskentaan vain, jos sementtiä sisältävien tuotteiden elinkaarenaikana tehtävät mahdolliset korjaukset otetaan

huomioon hiilijalanjälkeä laskettaessa. Karbonatitsoitumisen ja hiilijalanjäljen arvioinnissa tulee käyttää samoja sementtityyppejä. Karbonatitsoitumisen laskemiseen käytetään suomalaisia lämpötila-, kosteus- ja säätilaolosuhteita. Laskennan tulokset ilmoitetaan hiilidioksidikiloina (CO₂/kg). (13, s. 32, 33.)

4 RUNKOTYYPPIEN HIILIJALANJÄLJEN VERTAILU

Opinnäytetyössä määriteltiin hiilijalanjäljen arvioimista varten laskentaan soveltuva tyyppientalo. Jose Lahtisen vuonna 2018 tehdyn tutkimuksen mukaan pientalojen keskipinta-ala on laskenut tasaisesti vuodesta 2014 asti. Ennen vuotta 2014 rakennettujen talojen pinta-alat ovat olleet keskimääräisesti yli 145 m², minkä jälkeen keskipinta-alat pientaloissa ovat kääntyneet laskuun. Tutkimuksen mukaan vuonna 2017 rakennettujen talojen keskipinta-ala on ollut noin 127 m². (14.) Tyyppitalon huoneistoalaksi muotoutui 94 m²:n kompakti kokonaisuus, joka soveltuu toteutettavaksi mahdollisimman monenlaisille tonteille. Tyyppitalossa on kolme makuuhuonetta ja suuri yhtenäinen oleskelutila, johon on mahdollista sijoittaa tulisija. Lisäksi talossa on kaksi erillistä WC:tä, tekninen tila, kodinhoitotila sekä sauna ja pesuhuone.

Tyyppitalo suunniteltiin kuvitteelliselle tontille, joka vastaa Pohjois-Suomen uudistonttien keskimääräistä tontin pinta-alaa. Energiatehokkuus on otettu huomioon suunnittelussa talon yksinkertaisella muodolla ja napakalla pohjaratkaisulla. Oleskelutilat on sijoitettu tontin eteläpuolelle. Oleskelutilassa olevat suuret ikkunat on suunniteltu niin, että auringon säteily lämmittää rakennuksen sisäilmaa talvella mutta eteläsivun sisäänveto puolestaan estää ylikuumenemisen kesällä. Koska pieni talo kuluttaa suurta vähemmän, pystytään rakenteellisen energiaterhokkuuden hyöty säilyttämään tehokkaasti kompaktilla kokonaisuudella. (Kuva 1.)



KUVA 1. Hiilijalanjäljen laskennassa käytetty tyyppitalo

Tyyppitalon lämmitysjärjestelmäksi valittiin maalämpö, jonka suosio pientalohankkeissa on kasvanut vuodesta 2004 eteenpäin. Jose Lahtisen vuonna 2017 tehdyn tutkimuksen mukaan vuonna 2017 maalämmön osuus pientalohankkeissa on ollut 38 %. (14.) Maalämmöllä lämmitetty talo lämpenee maaperään, kallioon tai veteen varastoituneella auringon lämmöllä. Maalämpöpumppu kerää lämmön auringosta, mutta sen talteen ottamiseen tarvitaan sähköä. Tyypillisesti maalämpöpumppu tuottaa kolminkertaisen määrän uusiutuvaa energiaa käyttämänsä sähköön verrattuna. Suurimmat hiilidioksidipäästöt maalämpöpumpusta muodostuvat talven kylmimpinä päivinä, jolloin maalämpöpumppu tarvitsee tuekseen sähkövastuksen. (15, s.13.)

Opinnäytetyössä suunnitellun tyyppitalon kokonaisala on 103 – 108 m² riippuen käytetystä runkotyypistä. Tyyppitalo suunniteltiin sijoitettavaksi noin 1 000 m²:n tasamaiselle tontille, joka sijaitsee kaava-alueella kunnallisten järjestelmien saatavilla.

4.1 Tyypitalojen mallinnus

Hiilijalanjäljen selvittämiseksi materiaalitiedoista kerättiin määräluettelot rakennusosapohjaisesti. Määrälaskenta aloitettiin mallintamalla pysty-, eko-, ja hirsirunkoiset vertailutalot Vertex BD -mallinnusohjelmalla. Perinteisten arkkitehtimalien lisäksi taloista mallinnettiin runkomallit, jotta pysty- ja vaakarakenteista saatiin erotettua runko- ja pintarakenteet toisistaan. (Kuva 2.) Tällä menetelmällä saatiin yksinkertaistettua ja tarkennettua laskentaa, koska myös rungon rakennusosista saatiin mittayksiköt juoksumetreinä. Vertex BD -mallinnusohjelmasta kerättiin rakennusmateriaaleista osaluettelo Excel-tiedostoon, jossa ne esitettiin materiaalityypin mukaan joko neliömetreinä tai juoksumetreinä. Kullekin rakennusmateriaalille etsittiin valmistajakohtainen tieto materiaalin tiheydestä, minkä perusteella laskettiin rakennusmateriaalin paino.



KUVA 2. Ulkovaipan pystyrakenteiden runkomalli

4.2 Rakenteiden materiaaliluettelo

Opinnäytetyön lähtökohtana oli selvittää, minkä verran erilaiset runkotyypit seinärakenteessa vaikuttavat rakennuksen hiilijalanjäljen ja hiilikädenjäljen muodostumiseen. Pientalon rakenteina käytettiin Joperan vakiorakenteita, jotka ovat alapohjaa ja perustuksia lukuun ottamatta puurakenteisia. Laskennassa on keskitytty nimenomaan siihen, minkälainen vaikutus erityyppisillä puurakenteilla on rakennuksen hiilijalanjälkeen.

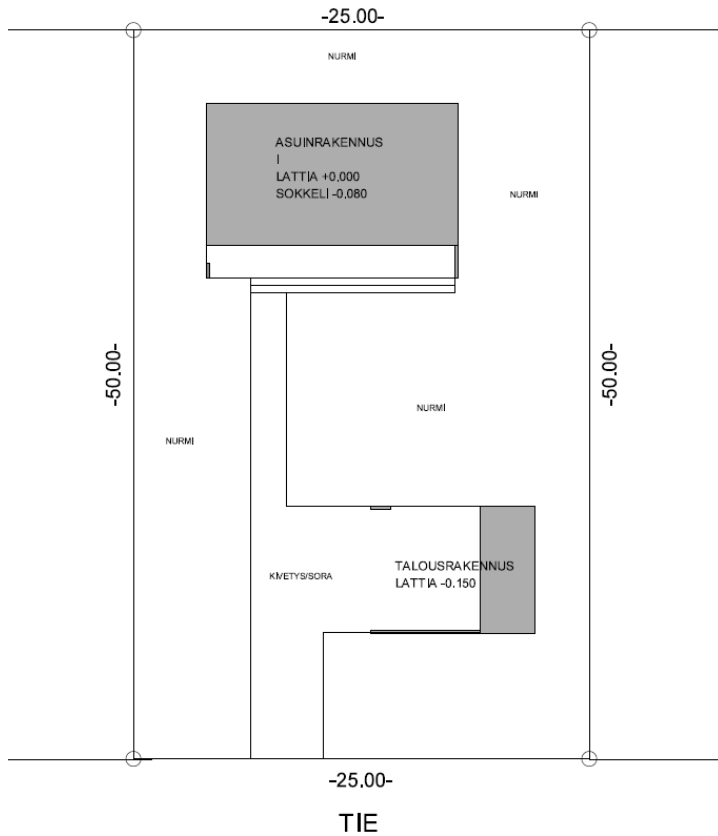
Hiilijalanjäljen arvioinnissa jätettiin huomioimatta ohjeen mukaisesti pintamateriaalit ja pintakäsittelyt, joihin kuuluvat seinälaatoitukset, sisäverhoilut, tasoitteet ja maalit.

Hiilijalanjäljen arvioimiseen tarvittiin käytetyistä rakennusmateriaaleista massatiedot kilogrammoina. Rakenteiden pinta-alat ja juoksumetrit kerättiin mallinnusohjelmasta, jonka pohjalta selvitettiin rakenteen tilavuus. Nettomassa laskettiin kertomalla rakenteen tiheys sen tilavuudella. Lopulliseen nettomassaan lisättiin ohjeellinen rakennustyömaalla syntyvä materiaalihukka. (16; s. 8.)

4.2.1 Tontti

Tyypitalo suunniteltiin kuvitteelliselle tontille. Tontiksi valittiin kaava-alueelle sijoittuva noin 1 000 m²:n kokoinen tasamaatontti, jossa kunnallistekniikka on saatavilla. (Kuva 3.)

Määräluetteloa varten tontin rakenteista otettiin huomioon vain asuinrakennusta koskevat täyttömateriaalit. Laskennan ulkopuolelle jätettiin tontin piharakenteet ja talousrakennusta koskevat rakenteet. Täyttöjen materiaalit laskettiin kahden metrin säteellä rakennuksesta.



KUVA 3. Rakennuksen sijoittuminen tontille

Taulukossa 1 on esitetty tontin materiaalmäärät hiilijalanjalan arvioimista varten.

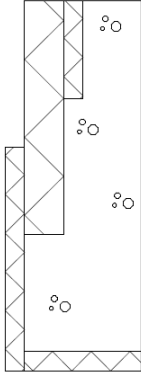
TAULUKKO 1. Tontin materiaalmäärät

TONTTI							
Materiaali	Paksuus (m)	Pinta-ala (m ²)	Tilavuus (m ³)	Tiheys (kg/m ³)	Hukka (%)	Massa (kg)	Nettomassa (kg)
Sisäpuolen täyttö	0,7	95	66,5	1 600	0 %	106 400	106 400
Suodatinkangas	0,0002	240	0,048				
Kapillaarikatko	0,3	240	72	1 400	0 %	100 800	100 800
Ulkopuolen täyttö	0,3	110	33	1 400	0 %	46 200	46 200
Salaojitussora	0,18	7	1,26	1 450	0 %	1 827	1 827

4.2.2 Perustus

Tyypitalon perustuksena päätettiin käyttää perusmuuria ja anturaa. Perusmuuri tehdään teräbetonista ja se lämmöneristetään EPS-eristeellä, joka on valmistettu

polystyreenieristä. Anturana tyypitalossa käytetään betonianturaa, joka routaeristetään EPS-eristeellä. Kuvassa 4 on kuvattu tyypitalossa käytetyn perustusratkaisun rakenne.



KUVA 4. Tyypitalon perustusleikkaus

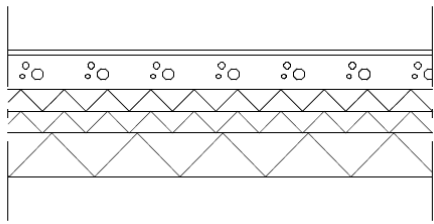
Taulukossa 2 on kuvattu perustuksen materiaalimäärät hiilijalanjäljen arvioimista varten.

TAULUKKO 2. Perustusten materiaalimäärät

PERUSTUKSET								
Materiaali	Paksuus (m)	Korkeus (m)	Metriä (m)	Tilavuus (m ³)	Tiheys (kg/m ³)	Hukka (%)	Massa (kg)	Nettomassa (kg)
Teräsbetoni	0,2	0,6	44	5,28	2 500	10 %	13 200	14 520
Teräsbetoni antura	0,3	0,3	44	3,96	2 500	10 %	9 900	10 890
Materiaali	Paksuus (m)	Pinta-ala (m ²)	Tilavuus (m ³)	Tiheys (kg/m ³)	Hukka (%)	Massa (kg)	Nettomassa (kg)	
Lämmöneriste EPS	0,1	42,75	4,275	15	5 %	64	67	
Routaeriste EPS	0,15	110	16,5	16,5	5 %	272	286	
Bitumihuopakaista	0,00022	9,2						

4.2.3 Alapohja

Tyypitalo perustetaan maanvaraiselle teräsbetoni-laatalle. Alapohjan teräsbetoni-laatan paksuus on 80 mm, ja se raudoitetaan 5 mm:n rauditusverkolla. Alapohjassa käytetään lämmöneristeenä 200 mm:n EPS-eristettä. Kuvassa 5 on esitetty alapohjan rakenne.



KUVA 5. Tyypitalon alapohjaleikkaus

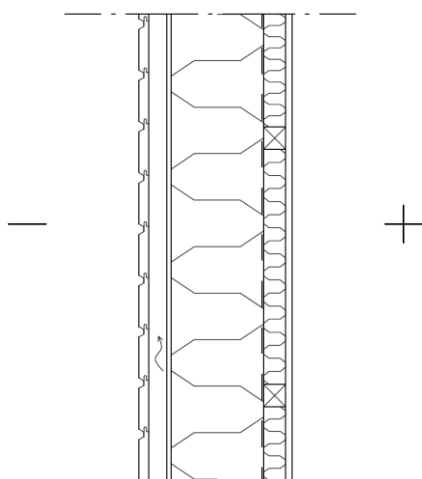
Taulukossa 3 on kuvattu alapohjan materiaalimäärät hiilijalanjäljen arvioimista varten.

TAULUKKO 3. Alapohjan materiaalimäärät

ALAPOHJA							
Materiaali	Paksuus (m)	Pinta-ala (m ²)	Tilavuus (m ³)	Tiheys (kg/m ³)	Hukka (%)	Massa (kg)	Nettomassa (kg)
Lattiavalu	0,08	94	7,52	2500	5 %	18 800	19 740
Eriste 200mm	0,2	92	18,4	37	2 %	681	694

4.2.4 Puurunko

Puurunkoisessa tyypitalossa käytetään ulkoseinänä kantavaa puurunkoista seinää. Runko tehdään määrämittaan katkaistusta 198 mm:n puutavarasta ja seinät eristetään palamattomasta kivivillasta. Kivivilla valmistetaan luonnonkivestä ja se on tehokas eristemuoto ja säilyttää hyvin eristyskykynsä. Höyrinsulkuna rakenteessa käytetään höyrinsulkumuovia ja tuulensuojalevynä toimii 9 mm:n kipsilevy. Kuvassa 6 on esitetty perinteisen pystyrunkoisen puurungon rakenneleikkaus.



KUVA 6. Tyypitalon puurunkoisen seinärakenteen rakenneleikkaus US 1

Taulukossa 4 on kuvattu puurunkoisen runkotyyppin rakenteiden materiaalmäärät hiilijalanjäljen arvioimista varten.

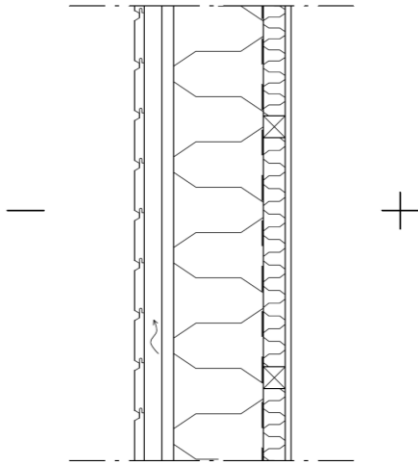
TAULUKKO 4. Puurunkoisen seinärakenteen materiaalmäärät

ULKOSEINÄ 1, PUURUNKOINEN							
Materiaali	Paksuus (m)	Pinta-ala (m ²)	Tilavuus (m ³)	Tiheys (kg/m ³)	Hukka (%)	Massa (kg)	Nettomassa (kg)
Kipsilevy EK	0,013	85	1,105	816	5 %	902	947
Mineraalivilla 50 mm	0,05	85	4,25	36	5 %	153	161
Höyrynsulkumuovi	0,0002	85	0,017	950	10 %	16	18
Mineraalivilla 200mm	0,2	122,1	24,42	36	5 %	879	923
Tuulensuojalevy	0,009	152	1,368	778	5 %	1 064	1 118
Ulkoerohous	0,028	198	5,544	450	5 %	2 495	2 620
Materiaali	Paksuus (mm)	Juoksumetri (m)	Tilavuus (m ³)	Tiheys (kg/m ³)	Hukka (%)	Massa (kg)	Nettomassa (kg)
Runko 48 mm	0,048	270	0,62	450	5 %	280	294
Runko 198 mm	0,198	341	2,84	450	5 %	1 276	1 340
Pystykoolaus	0,038	335	0,84	450	5 %	378	397
Runko 123 mm	0,123	53	0,27	450	5 %	123	129

4.2.5 Ekorunko

Ekorunkoisessa tyypitalossa käytetään ulkoseinänä kantavaa 198 mm:n puurunkoa, jossa eristeenä käytetään ekovillaa ja ilmansulkuna kosteutta ohjaavaa

Ekovilla X5 -ilmansulkua. Ekovilla valmistetaan puukuidusta, joten se on materiaalina hengittävä. Eristerakenne hengittää molempiin suuntiin, niin sisä-, kuin ulkopuolellekin. Ekovillan valmistamiseen kuluu vähän energiaa, sillä se tehdään pääosin kierrätetystä puukuidusta. Ekorunkoisessa ratkaisussa tuulensuojalevynä käytetään 25 mm:n runkoleijonaa. Kuvassa 7 on esitetty ekorunkoisen rakenteen rakenneleikkaus.



KUVA 7. Tyypitalon ekorunkoisen seinärakenteen rakenneleikkaus US 2

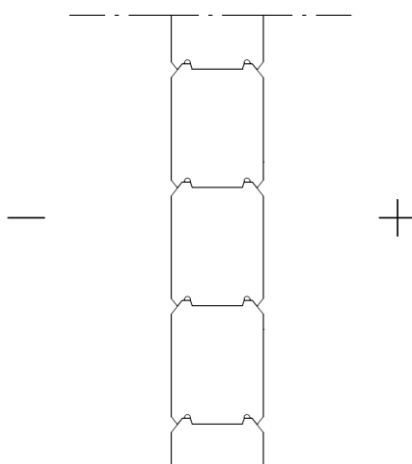
Taulukossa 5 on esitetty ekorunkoisen pientalon rakenteet hiilijalanjäljen arvioimista varten.

TAULUKKO 5. Ekorunkoisen seinärakenteen materiaalimäärät

ULKOSEINÄ 2, EKORUNKO							
Materiaali	Paksuus (m)	Pinta-ala (m ²)	Tilavuus (m ³)	Tiheys (kg/m ³)	Hukka (%)	Massa (kg)	Nettomassa (kg)
Kipsilevy EK	0,013	85	1,105	816	5 %	902	947
Ekovilla 50mm	0,05	85	4,25	37	5 %	157	165
Ilmansulkupaperi	0,0003	85	0,0255	537	10 %	14	15
Ekovilla 200mm	0,2	122,1	24,42	37	5 %	904	949
Tuulensuojalevy	0,025	152	3,8	250	5 %	950	998
Ulkooverhous	0,028	198	5,544	450	5 %	2 495	2 620
Materiaali	Paksuus (mm)	Juoksu-metri (m)	Tilavuus (m ³)	Tiheys (kg/m ³)	Hukka (%)	Massa (kg)	Nettomassa (kg)
Runko 48mm	0,048	270	0,62	450	5 %	280	294
Runko 198mm	0,198	341	2,84	450	5 %	1 276	1 340
Pystykoolaus	0,038	335	0,84	450	5 %	378	397
Runko 123mm	0,123	53	0,27	450	5 %	123	129

4.2.6 Hirsirunko

Hirsirakenteessa käytetään Kontion SmartLog-hirttä. SmartLog on painumaton hirsi, jonka painumattomuus on saatu aikaan hirren rakenteessa olevilla pysty-puulamelleilla. SmartLog-hirsi on energiatehokas ja ilmatiivis rakenne. Hirsien välinen tiiveys varmistetaan tehtaalla asennettavilla polyeteenistä valmistetuilla tiivistysnauhoilla, jolloin lisäeristämiseksi ei ole tarvetta. Kuvassa 5 on esitetty SmartLog-hirren poikkileikkaus.



KUVA 8. Tyyppitalon hirsirunkoisen seinärakenteen rakenneleikkaus US 3

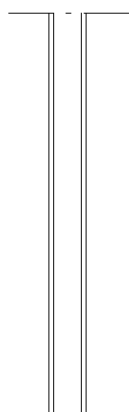
Taulukossa 6 on esitetty hirsirunkoisen seinärakenteen materiaalmäärät hiilijalanjäljen arvioimista varten.

TAULUKKO 6. Hirsirunkoisen seinärakenteen materiaalmäärät

ULKOSEINÄ 3, HIRSIRUNKO							
Materiaali	Paksuus (m)	Juoksumetriä (m)	Tilavuus (m ³)	Tiheys (kg/m ³)	Hukka (%)	Massa (kg)	Nettomassa (kg)
Hirsi 205X270	0,205	380	21,033	450	5 %	9 465	9 938
Runko 123mm	0,123	20	0,10	450	5 %	46	49
Pystykoolaus	0,038	142	0,36	450	5 %	160	168
Materiaali	Paksuus (m)	Pinta-ala (m ²)	Tilavuus (m ³)	Tiheys (kg/m ³)	Hukka (%)	Massa (kg)	Nettomassa (kg)
Tuulensuojalevy	0,025	59	1,475	250	5 %	369	387
Hirsipaneeli	0,028	75	2,1	450	5 %	945	992

4.2.7 Väliseinät

Tyypitalon väliseinissä käytetään 66 mm:n runkoa. Runko päällystetään 13 mm:n erikoiskovalla kipsilevyllä, jota käytetään joko yksi- tai kaksi kerrosta rungon molemmin puolin. Tyypipientalossa ei tarvita kantavia väliseiniä, joten kaikki väliseinärakenteet on toteutettu 66 mm:n vahvuisella rungolla. Kuvassa 9 on kuvattu tyypitalon väliseinän rakenneleikkaus.



KUVA 9. Tyypitalon VS-rakenne – väliseinän poikkileikkaus

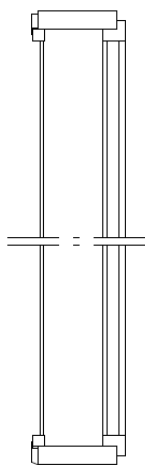
Taulukossa 7 on esitetty väliseinien materiaalmäärät hiilijalanjäljen arvioimista varten.

TAULUKKO 7. Väliseinien materiaalmäärät

VÄLISEINÄ							
Materiaali	Paksuus (m)	Pinta-ala (m ²)	Tilavuus (m ³)	Tiheys (kg/m ³)	Hukka (%)	Massa (kg)	Nettomassa (kg)
Kipsilevy EK	0,013	180	2,34	816	5 %	1 909	2 005
Materiaali	Paksuus (mm)	Juoksumetri (m)	Tilavuus (m ³)	Tiheys (kg/m ³)	Hukka (%)	Massa (kg)	Nettomassa (kg)
Runko 66mm	0,066	312	0,80	450	5 %	361	379

4.2.8 Ikkunat ja ovet

Tyypitalon ikkunoina käytettiin Pihla Varma -ikkunoita. Ikkunat ovat 1+2-lasisia puu-alumiini-ikkunoita. Ikkunoiden karmisyvyys on 170 mm. Kuvassa 10 on kuvattu ikkunan poikkileikkaus.



KUVA 10. Tyypitalossa käytettävä Pihla Varma -ikkuna – ikkunan poikkileikkaus

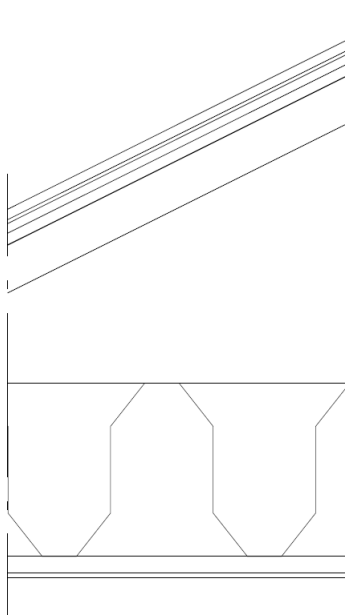
Taulukossa 8 on esitetty ikkunoiden ja ovien neliömäärät hiilijalanjäljen arvioimista varten.

TAULUKKO 8. Ikkunoiden ja ovien pinta-alat

IKKUNAT JA OVET	
Materiaali	Pinta-ala (m ²)
Ikkunat	18,1
Väliovet	13,2
Ulko-ovet	4,6

4.2.9 Yläpohja

Tyypitalon yläpohjana käytetään puurunkoista rakennetta. Vesikattomateriaalina yläpohjassa käytetään konesaumattua peltikatetta, jonka alle asennetaan kondenssisuojattu aluskate. Yläpohja lämmöneristetään kivivillalla ja puhallusvillalla. Kuvassa 11 on esitetty tyypitalon yläpohjan rakenneleikkaus.



KUVA 11. Tyypitalon yläpohjaleikkaus

Taulukossa 9 on esitetty yläpohjan materiaalmäärät hiilijalanjäljen arvioimista varten.

TAULUKKO 9. Yläpohjan materiaalmäärät

YLÄPOHJA							
Materiaali	Paksuus (m)	Pinta-ala (m ²)	Tilavuus (m ³)	Tiheys (kg/m ³)	Hukka (%)	Massa (kg)	Nettomassa (kg)
Kipsilevy EK	0,013	94	1,222	816	8 %	997	1 077
Ilmansulkupaperi/höyrynsulkumuovi	0,0002	100	0,02	950 *	10 %	19	21
Palavilla 100mm	0,1	100	10	36 **	5 %	360	378
Ekovilla 400mm	0,4	100	40	31	5 %	1 240	1 302
Aluskate	0,025	152					
Peltikate	0,028	176	4,928	6,2 ***	5 %	1 091	1 146
Materiaali	Paksuus (mm)	Juoksumetri (m)	Tilavuus (m ³)	Tiheys (kg/m ³)	Hukka (%)	Massa (kg)	Nettomassa (kg)
Runko 48mm	0,048	273	0,63	450	4 %	283	294
Kattoristikot	0,198	2 153	17,90	450	5 %	8 057	8 460
Korokerimat 30mm	0,03	236	0,47	450	5 %	210	221
Ruoteet 25mm	0,025	710	0,75	450	5 %	335	352

*ekorunkoisessa ratkaisussa ilmansulkupaperin tiheys 537 kg/m³

**ekorunkoisessa ratkaisussa palavillana ekovilla, tiheys 37 kg/m³

*** neliöpaino

4.3 Rakennuksen energiankulutus

Rakennuksen energiankulutuksen selvittämisessä hyödynnettiin laskentapalveluiden tarjoamaa laskentasovellusta, jonka avulla arvioitiin rakennuksen elinkaaren aikaista energiankulutusta.

Energialaskennan työkalulla luotiin energiaselvitys kunkin runkotyyppin talolle, jotta saatiin selville rakennuksien laskennallinen ostoenergian määrä hiilijalanjäljen arvioimista varten.

4.4 Arviointityökalun käyttö

Opinnäytetyössä käytettiin laskennassa yksinkertaistettua menetelmää, koska rakennuksen kaikista elinkaaren vaiheista ei ollut saatavilla tarkkoja tietoja hankkeen ollessa kuvitteellinen. Yksinkertaistettu menetelmä on tarkoitettu käytettäväksi rakennuksen luonnosvaiheessa tai rakennuslupaa haettaessa. Arviointiin

kerättiin tarvittavat lähtötiedot. Työssä käytettiin valmiita taulukkoarvoja, jotka kuvaavat tyypillisiä suomalaisia päästöjä rakennusten ja rakennustuotteiden elinkaaren vaiheissa.

Hiilijalanjäljen arviointityökalun käyttäminen aloitettiin syöttämällä määrälaskennasta saadut arvot Excel-työkaluun. Kustakin talosta tehtiin erillinen laskelma, jossa seinän runkotyypit saatiin erotettua.

Koska arviointimenetelmänä käytettiin yksinkertaistettua menetelmää, jäi täydennettäväksi ainoastaan talon perustiedot, materiaaliluettelo ja käytön aikana syntyvien päästöjen arviointi.

Materiaaliluettelo on jaettu viiteen osaan: tonttiin, kantaviin rakenteisiin, vaippaan, kevyisiin rakenteisiin ja talotekniikkaan. Talotekniikan osio jätettiin kokonaan pois hiilijalanjäljen arvioinnista.

VTT on koonnut eri lähteistä materiaalien päästötietoja, joihin arviointityökalusta saadut tulokset perustuvat. Suomessa käytettävää rakennustuotteiden päästötietokantaa ollaan kehittämässä parhaillaan, mutta ennen tietokannan valmistamista on suositeltu käytettävän vähähiilisyyden arviointiin eri työkalujen valmiina olevia päästötietoja. Päästötiedot pohjautuvat materiaalien hiilijalanjälkeen ja hiilikädenjälkeen sekä materiaalien vaihtoväliin rakennuksen elinkaaren aikana.

5 TULOKSET

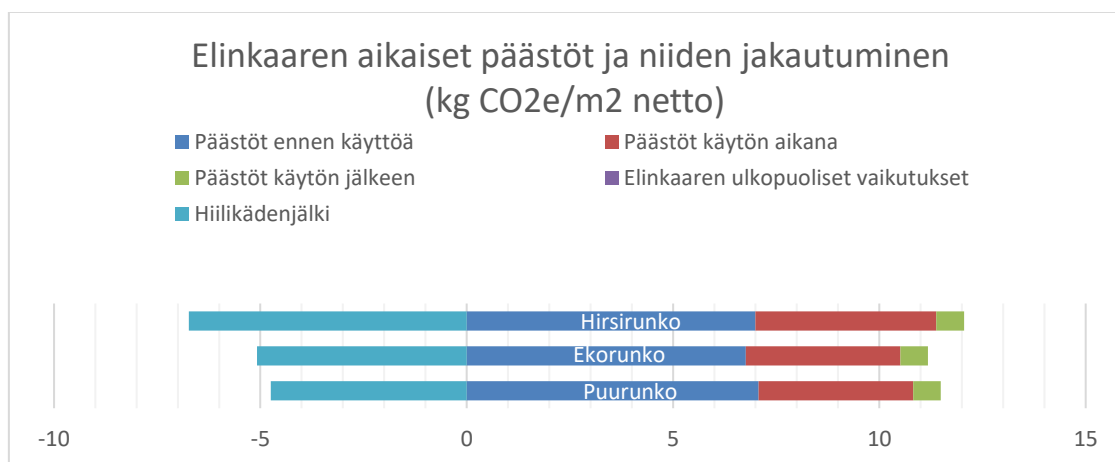
Opinnäytetyössä tehdyn laskennan tulokset analysoitiin seuraavista näkökulmista: elinkaaren aikaiset päästöt ja niiden jakautuminen, hiilivarastojen merkitys, päästöt ennen käyttöä ja niiden jakautuminen ja materiaalivalintojen merkitys päästöihin.

5.1 Elinkaaren aikaiset päästöt ja niiden jakautuminen

Laskennan perusteella todettiin, että asuinrakennuksen elinkaarisista päästöistä suurin osa aiheutuu ennen rakennuksen käyttöä, eli tuote- ja rakentamisvaiheessa. Tässä tarkastelussa eniten ennen käyttöä syntyviin päästöihin vaikuttavat materiaalivalinnat.

Rakennuksen elinkaarenaikaisiin päästöihin suurin vaikuttava tekijä päästöjen muodostumisessa on energiantuotanto. Koska tyyppitalojen lämmitysmuodoksi on valittu maalämpö, jää käytön aikaisen päästöjen osuus kuitenkin pieneksi, sillä ostoenergian määrä jää näin verrattain pieneksi.

Laskennan perusteella rakenteilla ei ole suurta vaikutusta rakennuksen hiilijalanjäljen muodostumisessa koko elinkaaren aikaisissa päästöissä. Suurin ero rakenteiden välillä saavutetaan, kun otetaan tarkasteluun mukaan hiilikädenjälki. (Kuva 12.)

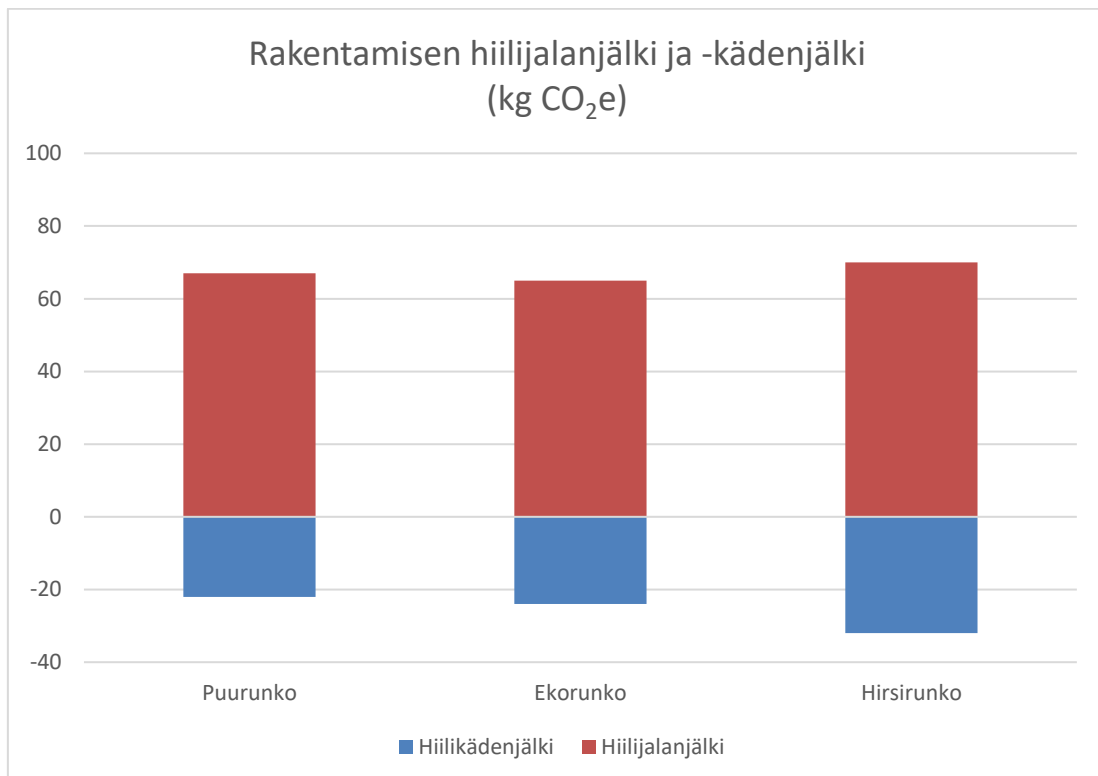


KUVA 12. Tyyppitalon eri runkovaihtoehtojen elinkaaren aikaiset päästöt ja niiden jakautuminen

5.2 Hiilivarastojen merkitys

Tuloksia analysoitaessa todettiin, että kun vertailuun otetaan mukaan puurakenteisiin sitoutunut biogeeninen hiili, eli hiilikädenjälki, kasvavat erot koko elinkaaren aikaisissa päästöissä. Puurunkoisen talon ja ekorunkoisen talon välillä ei ole suurta eroa, mutta sen sijaan hirren hiilikädenjälki eroaa eniten muista runkotyypeistä. Hirren hiilikädenjälki on parempi kuin puu- tai ekorungon, koska massiivisena rakenteena siihen varastoituu enemmän hiiltä kuin rankarakenteisiin runkovaihtoehtoihin.

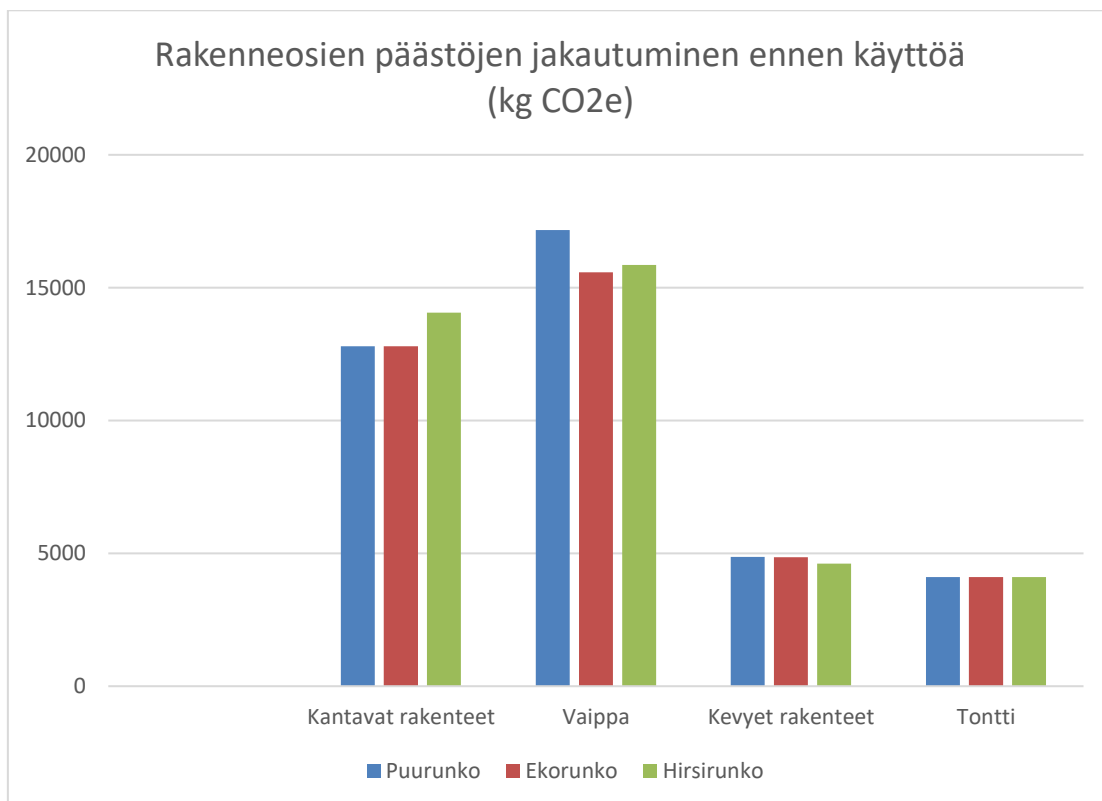
Hiilikädenjäljen tutkimisella voidaan ohjata suunnittelua siten, että rakennushankkeessa ei katsottaisi ainoastaan niitä negatiivisia vaikutuksia, joita rakentamisesta seuraa, vaan pystyttäisiin näkemään myös ne hyödyt, joita rakentaminen tuo mukanaan. Hirsirungon hiilijalanjälki on hiukan suurempi kuin muiden runkovaihtoehtojen, mutta vastaavasti hiilikädenjälki on suurempi verrattuna toisiin runkovaihtoehtoihin. (Kuva 13.)



KUVA 13. Hiilikädenjälki ja -jalanjälki eri runkovaihtoehtoisissa

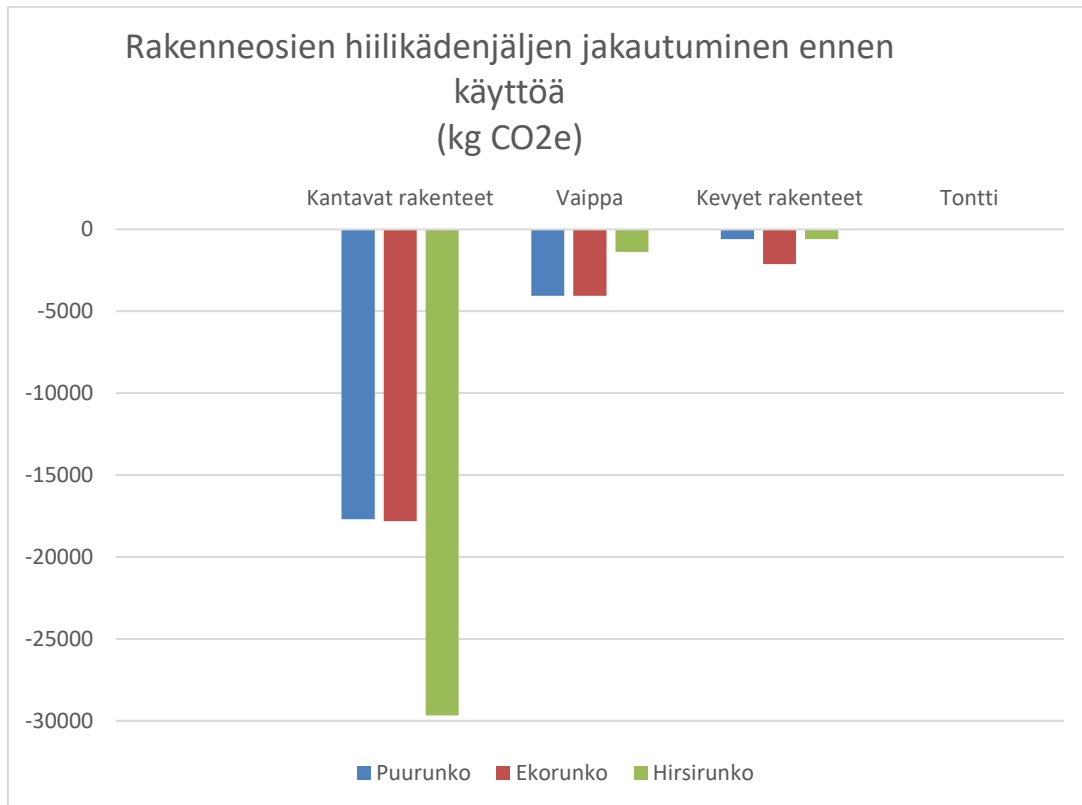
5.3 Päästöt ennen käyttöä ja niiden jakautuminen

Laskelmissa kävi ilmi, että eri rakenneosien suhteellinen osuus rakentamisen aikana syntyvistä päästöistä pysyy suhteellisen vakiona jokaisessa runkotyyppissä, vaikka päästöt vaihtelevat jonkin verran. Suurimmat päästöt aiheutuvat kaikissa runkotyypeissä vaipassa käytettävistä rakenteista, joista muovieristeet aiheuttavat suurimman osan päästöistä. Toiseksi eniten päästöjä aiheuttavat kaikissa runkotyypeissä kantavat rakenteet. (Kuva 14.)



KUVA 14. Rakenneosien päästöjen jakautuminen ennen käyttöä

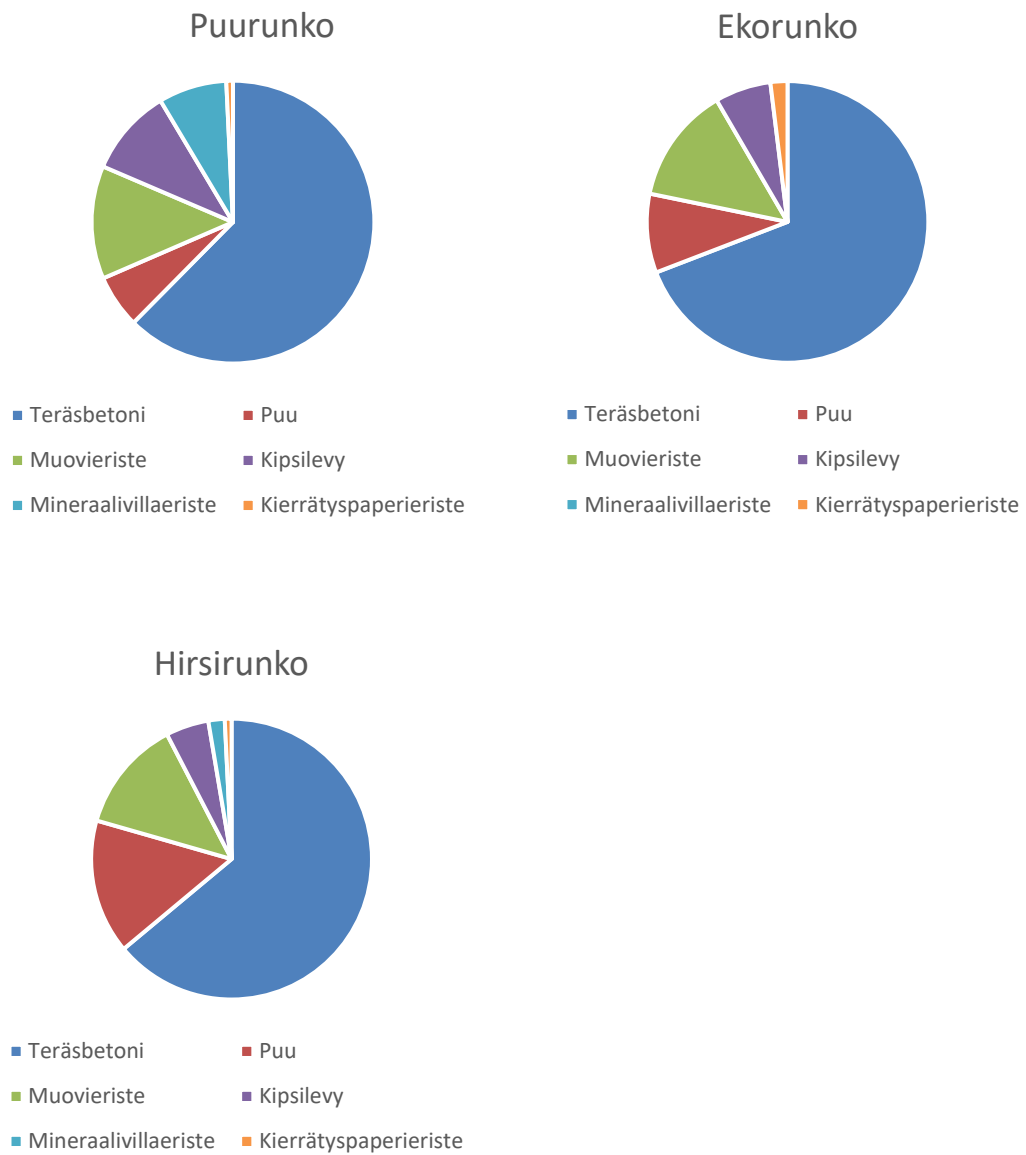
Kantavissa rakenteissa suurin poikkeavuus tapahtuu materiaalien hiilikädenjäljessä. Hirsirungon hiilikädenjälki on kantavien rakenteiden osalta suurin kantavan hirren toimiessa suurena biogeenisen hiilen varastona. Hirsirunkoisen vaihtoehdon hiilikädenjälki on puolestaan vaipan osalta pienin, koska hirsirungossa ei ole käytetty ulkoverhoilua, toisin kuin puu- ja ekorungossa. (Kuva 15.)



KUVA 15. Rakenneosien hiilikädenjäljen jakautuminen ennen käyttöä

5.4 Materiaalivalintojen vaikutus päästöihin

Kaikissa vertailutaloissa suurimman osan päästöistä aiheuttaa teräsbetonin käyttö. Seuraavaksi eniten päästöjä aiheuttavat kaikissa vertailtavissa runkotyypeissä muovieristeet. Puurunkoisessa talossa muovieriste, mineraalivillaeriste ja kipsilevy aiheuttavat lähes samansuuruisen osan muodostuvista päästöistä. Ekorungolla päästöjä muodostuu muovieristeen lisäksi puun ja kipsilevyn käytöstä. Hirsirunkoisessa vertailutalossa puun osuus päästöistä on hieman muovieristeen osuutta suurempi. (Kuva 16.)



KUVA 16. Materiaalivalintojen vaikutus päästöihin

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyössä tehdyssä rakennuksen hiilijalanjälki -tarkastelussa saadut tulokset osoittautuivat vertailukelpoisiksi keskenään. Ennen käyttöä syntyvillä päästöillä, eli rakenteilla ja niiden materiaaleilla, havaittiin olevan suurin osuus koko elinkaaren aikana muodostuvista päästöistä. Rakennustuotteista syntyvien päästöjen tarkastelussa voisikin olla järkevää kiinnittää huomiota rakenteiden niihin osiin, joilla on merkittävä osuus päästöjen kannalta ja joihin voidaan suunnitteluvaihtelulla vaikuttaa. Rakennuksen hiilijalanjäljen tarkastelu osoitti, että rakennustuotteiden vähähiilisyys korostuu, kun energian kulutus on vähäinen suhteessa koko elinkaaren aikaisiin päästöihin.

Suurimman roolin materiaalivalinnoilla tässä tarkastelussa todettiin olevan vaihtelulla ja kantavilla rakenteilla. Ylivoimaisesti suurimmat päästöt materiaaleista aiheutti betoni. Betonin aiheuttamilla hiilidioksidipäästöillä on suuri vaikutus puurakenteisissa taloissa, joissa betonia tarvitaan perustuksiin ja mahdollisiin välipohjiin.

Kaikissa vertailtavissa puurakenteissa merkittävässä roolissa on hiilikädenjälki, eli puun sisältämä biogeeninen hiili. Kun hiilikädenjälki otettiin mukaan vertailuun, oli hirsirunkoinen vaihtoehto vertailussa ylivoimainen. Hirsirunkoisella talolla on suurin biogeenisen hiilen varasto vertailtavista runkovaihtoehtoista.

Sen lisäksi, että tyyppitaloissa kiinnitettiin huomiota rakenteisiin, oli suuri vaikutus myös rakennusten lämmitysenergian tuotannolla. Kyseisessä vertailussa tyyppitalojen lämmönlähteeksi valittiin maalämpö, mikä on energiatehokas ratkaisu, koska ostoenergian määrä on tällöin pienempi. Mikäli lämmitysmuotona olisi ollut esimerkiksi kaukolämpö, olisi lämmitysenergian osuus ollut todennäköisesti suurin suhteessa koko elinkaarenaikaisiin päästöihin. Käytännössä rakennusmateriaalivalintojen päästöillä on merkittävä vaikutus tällaisessa tilanteessa, jossa käytön aikaiset päästöt on saatu elinkaaren aikaisessa tarkastelussa riittävän alas.

Hiilijalanjäljen laskentaprosessin kuviteltiin olevan selvä ja yksinkertainen prosessi. Laskentaprosessi vaati useamman yrityskerran, ennen kuin muodostui hy-

väksi havaittu tapa suorittaa määrälaskenta. Ensimmäisellä yrityskerralla hiilijalanjäljen arviointiin tarvittava määrälaskenta yritettiin suorittaa suoraan Vertex BD -ohjelmasta saatujen määräluetteloiden avulla. Tiedot olivat kuitenkin hajanaisia ja laskuvirheitä syntyi paljon. Laskennan luotettavuuden ja johdonmukaisuuden vuoksi kustakin rakenteesta kerättiin erikseen niissä käytetyt materiaalmäärät mallinnusohjelmasta saatujen raporttien ja tulosteiden pohjalta.

Määräluettelon laatimisessa kohdattiin useita haasteita ja ongelmia. Vaikeinta oli arvioida tontin rakenteiden tilavuuksia ja pinta-aloja. Tontin rakenteet kuitenkin haluttiin mukaan arviointiin edes suuntaa antavina, jotta saatiin muodostettua karkea arvio siitä, millainen osuus tontin rakenteilla on koko elinkaaren aikaisissa hiilidioksidipäästöissä. Vaikeuksia tuotti myös rakennustuotteiden tiheyksien löytäminen. Kaikilla valmistajilla tieto ei ollut helposti saatavilla, mutta eri valmistajien asiakaspalvelusta saatiin tarvittavat tiedot, mikäli ne eivät muuten olleet saatavilla. Laskennassa havaittiin, että materiaaliluettelon laatimiseen tarvitaan paljon ennako- ja taustatietoa.

Arviointityökalun käyttäminen oli paikoittain hankalaa ja kankeaa. Excel-työkalu ei ollut ehkä joustavin tapa tämän tyyppiseen laskentaan. Työkalu toimi pääosin hyvin, mutta kehitettävääkin todettiin olevan. Suurin kehityksen tarve on riittävän yksityiskohtainen ohjeistus, joka olisi saatavilla samassa tiedostossa laskentataulukon kanssa.

Laskennan aikana todettiin, että työkalun käyttö voisi olla nopeampaa, mikäli siitä olisivat valmiiksi löydettävissä esimerkiksi rakennusmateriaalien tiheydet. Suunnittelun luonnosvaiheessa tämä ominaisuus mahdollistaisi erityyppisten rakennusmateriaalien nopean vertailun jo varhaisessa vaiheessa.

Laskentatyökalua käytettäessä havaittiin, että laskurista ovat löydettävissä hyvin materiaalit ja rakennustuotteet. Laskentaa suoritettaessa arvioinnin ulkopuolelle päädyttiin jättämään talotekniikka riittämättömän osaamisen vuoksi. Talotekniikka oli eritelty laskuriin pikkutarkasti putkittain ja kaapeleittain ja sen arvioiminen tässä vaiheessa suunnittelua koettiin mahdottomaksi.

Tutkimuksessa todettiin, että laskurissa käytettävät mittayksiköt voitaisiin muuttaa vastaamaan niitä laskennallisia mittayksiköitä, joita ensisijaisesti lasketaan. Tämä voisi pienentää laskennassa syntyvien virheiden mahdollisuutta, sillä joitakin tuotteita on hankala arvioida kilogrammoina, mikäli kyseisten artikkeleiden painotietoa ei ole riittävästi saatavilla.

Tulosten analysoinnissa huomattiin, että olisi hyvä, jos laskurista itsestään saataisiin ulos eri tavoin eriteltyä tietoa myös graafisessa muodossa. Tällä tavoin tulosten vertailu helpottuisi ja monipuolistuisi. Tämän tutkimuksen tulosten analysointi toteutettiin luomalla taulukot erikseen, mikä lisää virheiden mahdollisuutta.

Laskuri todettiin kuitenkin käyttökelpoiseksi ja suhteellisen selkeäksi hiilijalanjäljen arviointia varten. Koettiin, että laskurin avulla saatiin vertailukelpoinen tulos eri runkovaihtoehtojen hiilijalanjäljestä jo varhaisessa vaiheessa suunnittelua. Laskentaa tehtäessä havaittiin, että helpoin tapa suorittaa hiilijalanjäljen arviointia tulevaisuudessa olisi lukea päästötiedot suoraan suunnittelijan laatimasta tietomallista.

7 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli arvioida rakennuksen hiilijalanjälkeä hiilineutraalin rakentamisen tullessa osaksi Suomen rakentamismääräyksiä. Hiilijalanjäljen arviointi laskettiin rakennusliike Joperan vakiorakenteille. Työn keskeinen tavoite hiilijalanjäljen arvioinnin lisäksi oli tutustua siihen, miten arviointia tehdään ja mitä kehitystarpeita arviointityökalulla on.

Tutkimus tehtiin tyyppiintaloon, jonka avulla runkotyyppien hiilijalanjäljen arviointia tutkittiin. Tutkimus rajattiin päärakenteiden ja energiatehokkuuden hiilijalanjäljen arviointiin Ympäristöministeriön julkaisemalla vähähiilisyyden arviointimenetelmällä. Rajauksen ulkopuolelle jätettiin talotekniikan, työmaan, kuljetusten ja purkamisen hiilijalanjäljen arviointi. Rajaus tehtiin sen perusteella, mitkä tiedot tutkimuksesta koettiin olennaisimpina.

Opinnäytetyössä suoritettu tutkimus koettiin vaativana, sillä vastaavia tutkimuksia oli huonosti saatavilla eikä laskurin käyttöön ollut saatavilla kattavaa ohjeistusta. Rakennusarkkitehdin koulutusohjelma tuki työtä kuitenkin hyvin niin energiatehokkuuden kuin materiaalienkin arvioinnin osalta.

Suunnittelijat ovat avainasemassa rakennuksen vähähiilisyyden arvioinnissa. Arkkitehtuuri ja rakennesuunnittelu ovat ne suunnittelun alat, jotka koskettavat rakennusmateriaalien päästöjä. Kysymykseksi jää, miten paljon lisäkustannuksia hankkeille syntyy suunnittelijoiden kasvavan työmäärän vuoksi.

Suunnittelijat voivat ohjata vähähiilisyyteen pyrkiviä ratkaisuja asettamalla rakennushanketta ohjaavat tavoitteet jo hankkeen varhaisessa vaiheessa. Hiilijalanjälki tulee ottaa tavoitteeksi hankkeeseen jo hyvissä ajoin ennen rakennusluvan hakemista, sillä myöhemmissä vaiheissa ei todennäköisesti ole käytettävissä enää merkittäviä ohjausmenetelmiä.

Rakennuksen vähähiilisyyden tavoittelu on yhteiskunnallisesti suuri ja hyödyllinen investointi. Yhteiskunnallisesti tavoitteena onkin, että tällä uudistuksella säävutettaisiin rakennuksia, jotka kuormittavat ympäristöä huomattavasti aiempaa vähemmän ja lisäisivät vähäpäästöisempien materiaalien kysyntää.

LÄHTEET

1. Vähähiilinen rakentaminen. 2017. Ympäristöministeriö. Saatavissa: https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Rakentamisen_ohjaus/Va-hahiilinen_rakentaminen. Hakupäivä 19.11.2019.
2. Tietoja Joperasta. Jopera. Saatavissa: <https://jopera.fi/yritys/>. Hakupäivä 19.11.2019.
3. Taloudellisten kannusteiden käyttö vähähiilisen rakentamisen ohjauksessa. 2019. Ympäristöministeriö. Saatavissa: http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161923/YM_2019_32.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Hakupäivä 17.1.2019.
4. Johdatus rakennusten elinkaariarviointiin. Ympäristöministeriö. Saatavissa: https://elinkaarilaskenta.fi/wp-content/uploads/sites/6/2019/08/johdatus_rakennusten_elinkaariarviointiin.pdf. Hakupäivä 17.1.2019.
5. Rakennusmateriaalien hiilijalanjälki. Opas kaavoitukseen, rakennusvalvontaan ja kiinteistönhallintaan. Puuinfo. Saatavissa: <https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/Rakennusmateriaalien%20hiilijalanj%C3%A4lki%20WEB.pdf> Hakupäivä 17.11.2019.
6. Hiilijalanjälki. Saatavissa: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Hiilijalanj%C3%A4lki>. Hakupäivä 19.11.2019.
7. Mitä tarkoittavat rakentamisen hiilijalanjälki ja hiilikädenjälki – miten ne näkyvät Mangroven tekemisessä?. 2019. Mangrove. Saatavissa: <https://www.mangrove.fi/artikkelit/mita-tarchoittavat-rakentamisen-hiilijalanjalki-ja-hiilikadenjalki-miten-ne-nakyvat-mangroven-tekemisessa/>. Hakupäivä 19.11.2019.
8. Kujala, Mari 2018. Mitä rakennuksen hiilijalanjaljen laskenta tarkoittaa? Kirjoitus Vähä0-hankkeen blogissa. Saatavissa: <https://tulevaisuudenrakentaminen.samk.fi/2018/02/16/mita-rakennuksen-hiilijalanjaljen-laskenta-tarchoittaa/>. Hakupäivä 19.11.2019.

9. Lindgren, Sanna 2019. Rakennusten hiilijalanjäljen arviointi – ympäristöministeriön luonnos lausuntokierrokselle. Kirjoitus Vähä0-hankkeeseen blogissa. Saatavissa: <https://tulevaisuudenrakentaminen.samk.fi/tag/hiilikadenjalki/>. Hakupäivä 19.11.2019.
10. Rakennusten hiilijalanjäljen arviointimenetelmä lausuntokierrokselle – tavoitteena tuottaa tietoa rakennusten ilmastovaikutuksista. 2018. Ympäristöministeriö. Saatavissa: [https://www.ym.fi/fi-FI/Rakennusten_hiilijalanjaljen_arviointi\(48507\)](https://www.ym.fi/fi-FI/Rakennusten_hiilijalanjaljen_arviointi(48507)). Hakupäivä 19.11.2019.
11. Hiilinielusta huolehtiminen. Ilmasto-opas.fi Saatavissa: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/7c821f90-9605-4f9d-827b-894301c1e009/hiilinieluista-huolehtiminen.html>. Hakupäivä 17.1.2020.
12. Jokainen puurakennus on hiilivarasto. Metsä Group. Saatavissa: <https://www.metsagroup.com/fi/Campaigns/AlykasMetsa/urbancarbon/jokainen-puurakennus-on-hiilivarasto/Pages/default.aspx>. Hakupäivä 17.1.2020.
13. Rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmä. 2019. Ympäristöministeriö. Saatavissa: http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161761/YM_2019_22_Rakennuksen_vahahiilisyden_arviointimenetelma.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Hakupäivä 17.1.2020
14. Lahtinen, Jose, 2018. Uudet pientalot yhä pienempiä ja kaupunkikeskusten tuntumassa. Artikkelit. Tilastokeskus. Saatavissa: <https://www.stat.fi/tietotrendit/artikkelit/2018/uudet-pientalot-yha-pienempia-ja-kaupunkikeskusten-tuntu-massa/?listing=simple>. Hakupäivä 12.4.2020.
15. Lämpöä omasta maasta. Motiva. Saatavissa: https://www.motiva.fi/files/7965/Lampoa_omasta_maasta_Maalampopumput.pdf. Hakupäivä 12.4.2020.
16. Vares, Sirje 2001. Kerrostalon ympäristövaikutukset. VTT-tiedote. Saatavissa: <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/tiedotteet/2001/T2108.pdf>. Hakupäivä 29.4.2020.

LIITTEET

Liite 1 Tyypitalon piirustukset

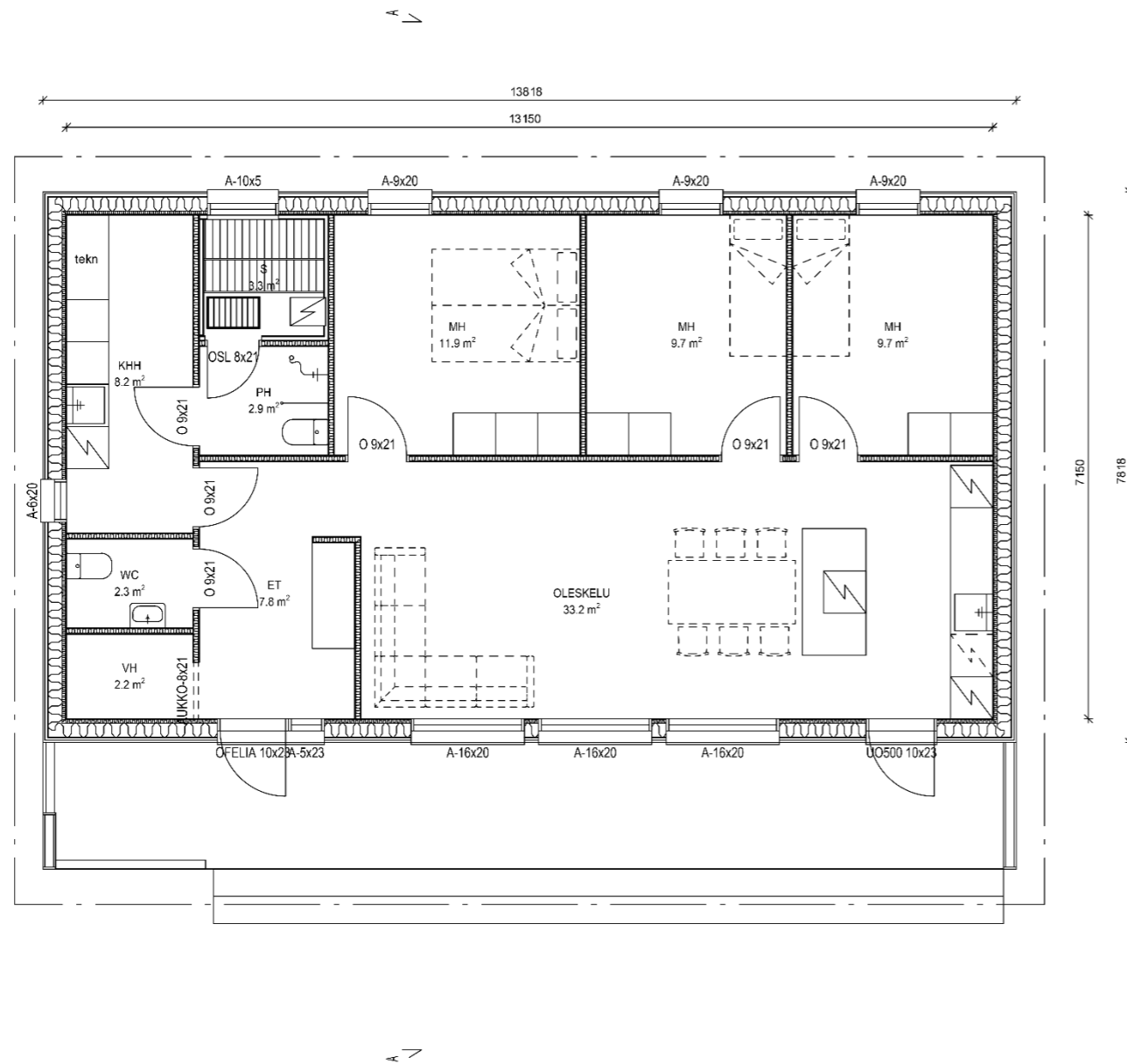
Liite 2 Hiilijalanjäljen laskelma US 1 -rakenteeseen

Liite 3 Hiilijalanjäljen laskelma US 2 -rakenteeseen

Liite 4 Hiilijalanjäljen laskelma US 3 -rakenteeseen

Liite 5 Puu- ja ekorungon energiaselvitys

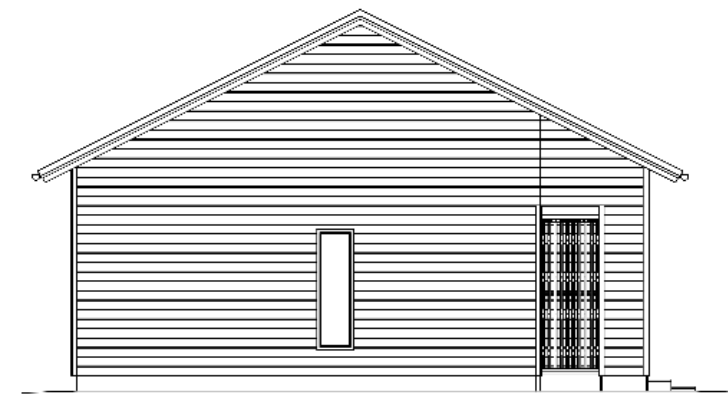
Liite 6 Hirsirungon energiaselvitys



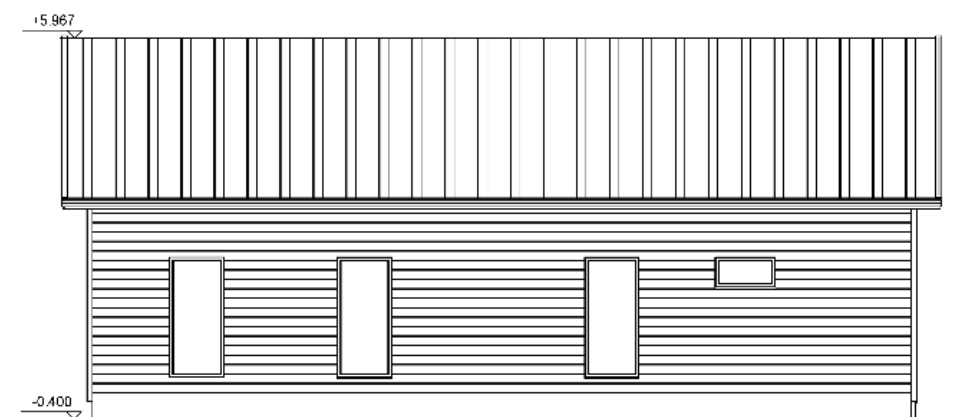
Rakennuskohteen nimi ja osoite Tyypitalo puurunkoinen	Rakennuksen pinta-alamäärät: Huoneistoala: 94 m ² Kerrosala (250mm): 104,5 m ² Kerrosala: 108 m ² Tilavuus: 380 m ³	Piirustuslaji Luonnossuunnittelu
		Piirustuksen sisältö Pohjapiirros mk 1:50
Opinnäytetyö - Hiilijalanjäljen arviointi		Suunnittelija, päiväys ja allekirjoitus Tarleena Partanen RA(o) 27.03.2020



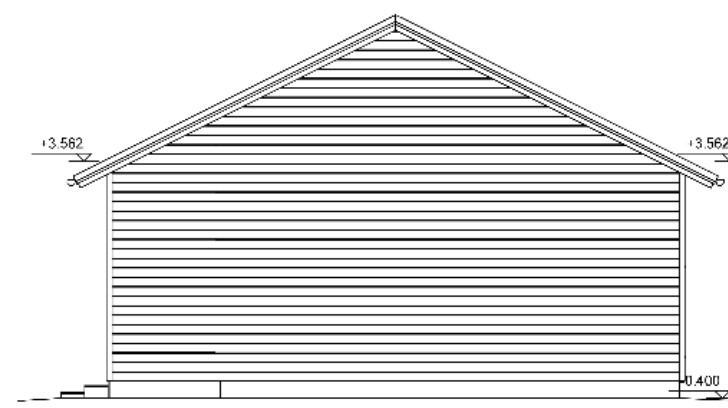
JULKISIVU ETELÄÄN



JULKISIVU LÄNTEEN

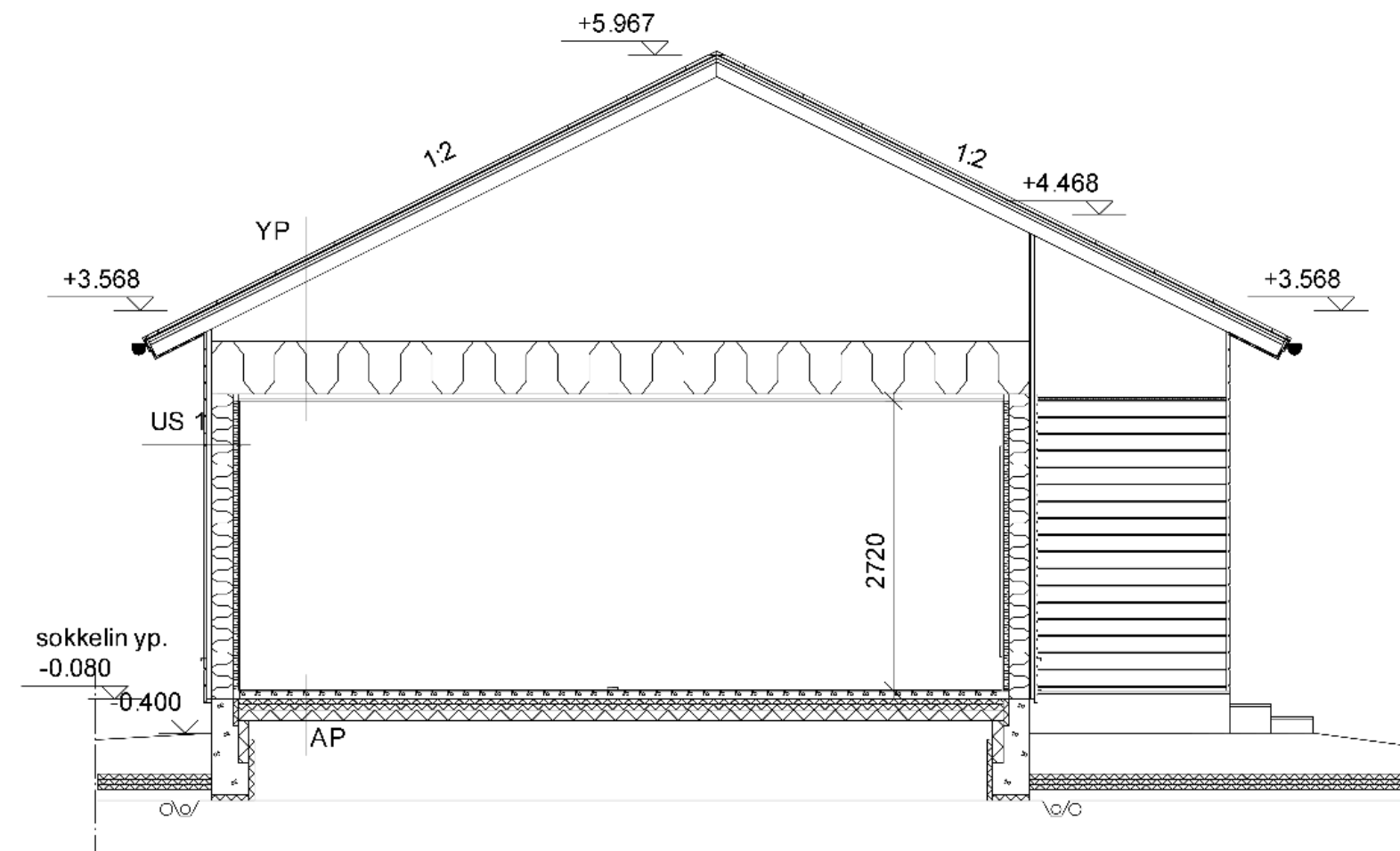


JULKISIVU POHJOISEEN



JULKISIVU ITÄÄN

Rakennuskohteen nimi ja osoite Tyypitalo puurunkoinen	Rakennuksen pinta-ala tiedot: Huoneistoala: 94 m ² Kerrosala (250mm): 104,5 m ² Kerrosala: 108 m ²	Piirustuslaji Luonnossuunnittelu
Opinnäytetyö - Hiilijalanjalan arviointi		Piirustuksen sisältö Julkisivupiirros mk Suunnittaja, päivitys ja allekirjoitus Tarleena Partanen RA(o) 1:100 27.03.2020



Rakennuskohteen nimi ja osoite Tyypitalo puurunkoinen	Rakennuksen pinta-alamäärät: Huonetoala: 94 m ² Kerrosala (250mm): 104,5 m ² Karrasala: 108 m ²	Piirustuslaji Luonnossuunnittelu
		Piirustuksen sisältö Leikkauspiirustus mk 1:50
Opinnäytetyö - Hiilijalanjalan arviointi		Suunnittelija, päiväys ja allekirjoitus Tarleena Partanen RA(o) 27.03.2020

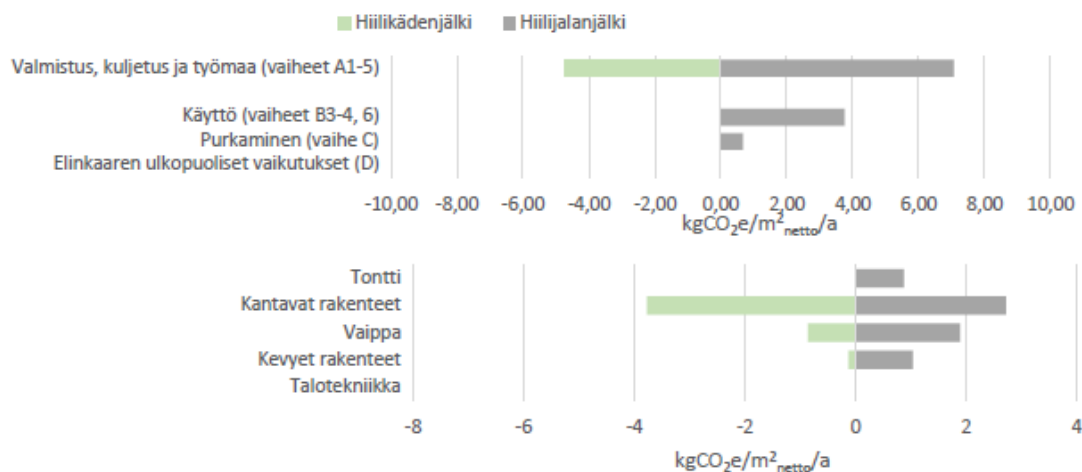
Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu

Luonnos hiilijalanjäljen arvioinnin testausta varten 9.12.2019

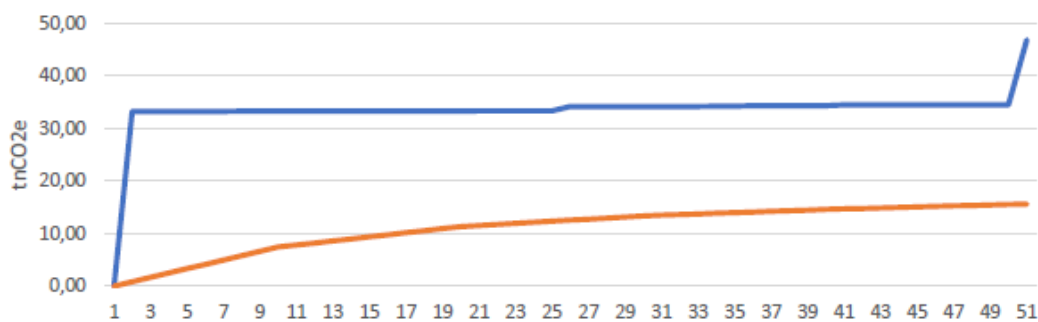


Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment

Elinkaariarvioinnin tulokset	Hiilijalanjälki	Hiilikädenjälki
	tn CO ₂ e	tn CO ₂ e
Elinkaaren aikana syntyvät kokonaispäästöt (A-D)	54	-22
	kg CO ₂ e/m ² _{netto} /a	kg CO ₂ e/m ² _{netto} /a
Vuotuiset päästöt lämmitettyä nettoalaa kohden (A-D)	11,49	-4,75
Valmistus, kuljetus ja työmaa (vaiheet A1-5)	7,07	-4,75
Tontti	0,87	
Kantavat rakenteet	2,72	-3,77
Vaippa	1,89	-0,86
Kevyet rakenteet	1,04	-0,12
Talotekniikka		
Käyttö (vaiheet B3-4, 6)	3,75	
Purkaminen (vaihe C)	0,67	
Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset (D)		



Kumulatiiviset vuotuiset päästöt



Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu
Luonnos hiilijalanjäljen arvioinnin testausta varten 9.12.2019



Materiaaliluettelo

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

Littera	Rakennusosa	Materiaalin tyyppi	Materiaali	Määrä	yks	kgCO ₂ e	kgCO ₂ e	a	kpl	kgCO ₂ e
						Hiilijalanjälki	Hiilikädenjälki	Vaihtoväli	Vaihdot	Hiilijalanjälki
Tontti (1.1. Alueosat)										
AP	Sisäpuolen täyttö	PIHA JA POHJARAKENTEET	Sora ja hiekka	114 912	kg	556				Ei vaihdeta
AP	Suodatinkantas	PIHA JA POHJARAKENTEET	Kuitukangas	10	kg	23				Ei vaihdeta
AP	Kapillaarikatko	PIHA JA POHJARAKENTEET	Sora ja hiekka	108 864	kg	526				Ei vaihdeta
AP	Ulkopuolen täyttö	PIHA JA POHJARAKENTEET	Sora ja hiekka	49 896	kg	241				Ei vaihdeta
AP	Salaajitussora	PIHA JA POHJARAKENTEET	Sora ja hiekka	1 973	kg	10				Ei vaihdeta
SOK	Antura	PIHA JA POHJARAKENTEET	Betoniantura ja -perustus (sis.raudoitteet)	11 205	kg	1 793				Ei vaihdeta
SOK	Routaeristeet	PIHA JA POHJARAKENTEET	Routaeriste, EPS	286	kg	955			50	
Total						4 103				
Kantavat rakenteet (1.2.1-1.2.3 Talo-osat)										
SOK	Perusmuuri	PIHA JA POHJARAKENTEET	Betoniantura ja -perustus (sis.raudoitteet)	14 940	kg	2 390				Ei vaihdeta
AP	Lattiavalu	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Betoniteräs	19 740	kg	9 357				Ei vaihdeta
US1	Runko 48mm	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	292	kg	27	-453			Ei vaihdeta
US1	Runko 198mm	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	1 340	kg	123	-2 077			Ei vaihdeta
US1	Pystykoolaus	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	397	kg	37	-615			Ei vaihdeta
US pilasteri	Runko 123mm	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	61	kg	6	-95			Ei vaihdeta
YP	Runko 48mm	PILARIT JA PALKIT	Puuranka, sahatavara	294	kg	27	-456			Ei vaihdeta
YP	Kattoristikot	PILARIT JA PALKIT	Puuranka, sahatavara	8 460	kg	778	-13 113			Ei vaihdeta
YP	Korokerima	PILARIT JA PALKIT	Puuranka, sahatavara	221	kg	20	-343			Ei vaihdeta
YP	Ruoteet	PILARIT JA PALKIT	Puuranka, sahatavara	352	kg	32	-546			Ei vaihdeta
Total						12 798	-17 696			
Vaippa (1.2.4-1.2.6 Talo-osat)										
SOK	Lämmöneriste	LÄMMÖNERISTEET	EPS	67	kg	228				Ei vaihdeta
SOK	Bitumihuopakaista	KATTEET	bitumikermi, pinta + 2 alus, 13,3 kg/m ²	9	m ²	116		35	1	116
AP	Eriste 200mm	LÄMMÖNERISTEET	EPS	694	kg	2 365				Ei vaihdeta

US 1	Kivivilla 50mm	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, vuorivilla	161 kg	165		Ei vaihdeta		
US 1	Kivivilla 200mm	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, vuorivilla	923 kg	947		Ei vaihdeta		
US 1	Höyrynsulkumuovi	KOSTEUSERISTE	Kosteussulku	18 kg	54		Ei vaihdeta		
US1	Ulkoerhoilu	ULKOERHOILU	puu	2 620 kg	229	-4 061	50		
YP			Eriste, vuorivilla		kg		Ei vaihdeta		
YP	Höyrynsulkumuovi	KOSTEUSERISTE	Kosteussulku	21 kg	63		Ei vaihdeta		
YP	Kivilla 100mm	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, vuorivilla	378 kg	388		Ei vaihdeta		
YP	Puhallusvilla 400mm	LÄMMÖNERISTEET	Eriste kierrätyspaperi	1 302 kg	164		Ei vaihdeta		
YP	Aluskate	KATTEET	aluskermi, 2,4 kg/m2	152 m2	834		25	1	834
YP	Peltikate	KATTEET	teräs, sinkitty ja maali	1 146 kg	3 335		50		
Total					8 889	-4 061			951
Kevyet rakenteet (1.3 Tila-osat)									
US 1	Kipsilevy 13mm	LEVYT	kipsilevy	947 kg	397		50		
US 1	Tuulensuojalevy 9mm	LEVYT	kipsilevy	1 118 kg	468		50		
YP 1	Kipsilevy 13mm	LEVYT	kipsilevy	1 047 kg	439		50		
VS	Runko 66mm	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	379 kg	35	-587	Ei vaihdeta		
VS	Kipsilevy 13mm	LEVYT	kipsilevy	2 061 kg	864		50		
Ikkunat	Ikkunat	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	Ikkunat, Puu-alumiini-ikkuna, sisältää myös lasit	18 m2	2 054		50		
Ulko-ovet	Pääovi	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	Ovi, ulko, puu	2 m2	122		40	1	122
Ulko-ovet	Parvekeovi	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	Ovi, ulko metalli	2 m2	40		50		
Väliovet	Väliovet	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	Ovi, sisä	13 m2	453		50		
Total					4 872	-587			122
Talotekniikka (2.1-2.4 Tekniikkaosat)									
	Lämmönjakokeskus	SÄHKÖOSAT							
	Ilmanvaihtojärjestelmä	LVI OSAT							
	Vesijohtojärjestelmä	LVI OSAT							
	Viemäriputkisto	LVI OSAT							
	Sähköasennukset ja kaapeloinnit	SÄHKÖOSAT							
Total									
Kaikki materiaalit yhteensä					30 661	-22 345			1 073
					Hiilijalanjälki	Hiilikädenjälki		Vaihtojen hiilijalanjälki	

Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu

Luonnos hiilijalanjäljen arvioinnin testausta varten 9.12.2019

Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment

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

	Hiilijalanjälki	Hiilikädenjälki
	kg CO ₂ e/m ² _{netto} /a	kg CO ₂ e/m ² _{netto} /a
Ennen käyttöä syntyvät päästöt yhteensä	7,07	-4,75
Valmistus ja kuljetusvaihe (A1-4)	6,52	-4,75
Tontti	0,87	
Kantavat rakenteet	2,72	-3,77
Vaippa	1,89	-0,86
Kevyet rakenteet	1,04	-0,12

Talotekniikka

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

Työmaatoiminnot (A5)	0,55	
----------------------	------	--

Työmaatoimintojen arvot perustuvat neliömetrikohtaiseen taulukkoarvoon.

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 ₂ e/m ² _{netto} /a	kg CO ₂ e/m ² _{netto} /a
Käytön aikana syntyvät päästöt yhteensä		3,75	
Energiankäyttö (B6)	Energiankulutus (kWh/m²_{netto}/a)	3,48	
Sähkö	72,53	3,48	-
Kaukolämpö			-
Fossiiliset polttoaineet			-
Uusiutuvat polttoaineet			
Ylijäämäenergia	Energian tuotanto (kWh/m²_{netto}/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.

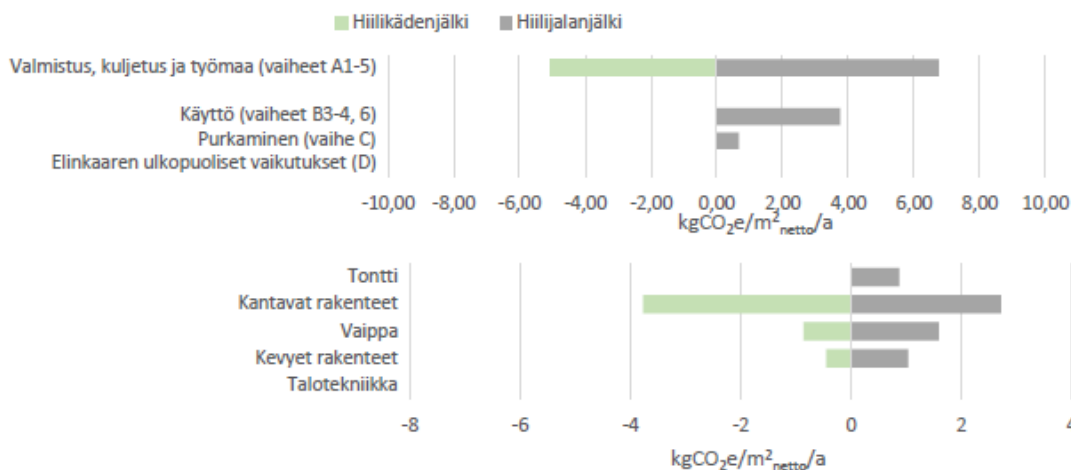
Verkkoon syötetty, tontilla tuotettu, uusiutuva energia huomioidaan kiinteistön hiilikädenjäljessä. Syötä vuotuinen ylijäämäenergia erikseen yllä oleviin kenttiin.

Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu

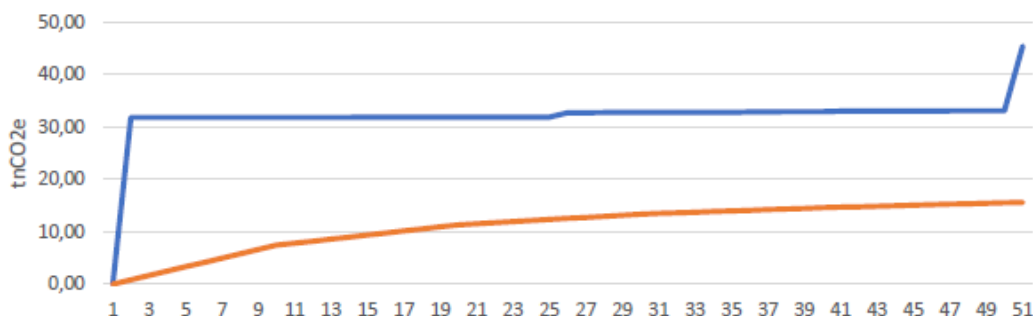
Luonnos hiilijalanjäljen arvioinnin testausta varten 9.12.2019



Elinkaariarvioinnin tulokset	Hiilijalanjälki	Hiilikädenjälki
	tn CO ₂ e	tn CO ₂ e
Elinkaaren aikana syntyvät kokonaispäästöt (A-D)	53	-24
	kg CO ₂ e/m ² _{netto} /a	kg CO ₂ e/m ² _{netto} /a
Vuotuiset päästöt lämmitettyä nettoalaa kohden (A-D)	11,19	-5,08
Valmistus, kuljetus ja työmaa (vaiheet A1-5)	6,76	-5,08
Tontti	0,87	
Kantavat rakenteet	2,72	-3,77
Vaippa	1,59	-0,86
Kevyet rakenteet	1,03	-0,45
Talotekniikka		
Käyttö (vaiheet B3-4, 6)	3,75	
Purkaminen (vaihe C)	0,67	
Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset (D)		



Kumulatiiviset vuotuiset päästöt



Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu

Luonnos hiilijalanjäljen arvioinnin testausta varten 9.12.2019



Materiaaliluettelo

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

Littera	Rakennusosa	Materiaalin tyyppi	Materiaali	Määrä	yks	kgCO ₂ e		a	kpl	kgCO ₂ e
						Hiilijalanjälki	Hiilikädenjälki			
Tontti (1.1. Alueosat)										
AP	Sisäpuolen täyttö	PIHA JA POHJARAKENTEET	Sora ja hiekka	114 912	kg	556				Ei vaihdeta
AP	Suodatinkangas	PIHA JA POHJARAKENTEET	Kuitukangas	10	kg	23				Ei vaihdeta
AP	Kapillaarikatko	PIHA JA POHJARAKENTEET	Sora ja hiekka	108 864	kg	526				Ei vaihdeta
AP	Ulkopuolen täyttö	PIHA JA POHJARAKENTEET	Sora ja hiekka	49 896	kg	241				Ei vaihdeta
AP	Salaojitusora	PIHA JA POHJARAKENTEET	Sora ja hiekka	1 973	kg	10				Ei vaihdeta
SOK	Antura	PIHA JA POHJARAKENTEET	Betoniantura ja -perustus (sis.raudoitteet)	11 205	kg	1 793				Ei vaihdeta
SOK	Routaeristeet	PIHA JA POHJARAKENTEET	Routaeriste, EPS	286	kg	955			50	
Total						4 103				
Kantavat rakenteet (1.2.1-1.2.3 Talo-osat)										
SOK	Perusmuuri	PIHA JA POHJARAKENTEET	Betoniantura ja -perustus (sis.raudoitteet)	14 940	kg	2 390				Ei vaihdeta
AP	Lattiavalu	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Betoniteräs	19 740	kg	9 357				Ei vaihdeta
US1	Runko 48mm	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	292	kg	27	-453			Ei vaihdeta
US1	Runko 198mm	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	1 340	kg	123	-2 077			Ei vaihdeta
US1	Pystykoolausta	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	397	kg	37	-615			Ei vaihdeta
US pilasteri	Runko 123mm	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	61	kg	6	-95			Ei vaihdeta
YP	Runko 48mm	PILARIT JA PALKIT	Puuranka, sahatavara	294	kg	27	-456			Ei vaihdeta
YP	Kattoristikot	PILARIT JA PALKIT	Puuranka, sahatavara	8 460	kg	778	-13 113			Ei vaihdeta
YP	Korokerima	PILARIT JA PALKIT	Puuranka, sahatavara	221	kg	20	-343			Ei vaihdeta
YP	Ruoteet	PILARIT JA PALKIT	Puuranka, sahatavara	352	kg	32	-546			Ei vaihdeta
Total						12 798	-17 696			
Vaiippa (1.2.4-1.2.6 Talo-osat)										
SOK	Lämmöneriste	LÄMMÖNERISTEET	EPS	67	kg	228				Ei vaihdeta
SOK	Bitumihoopakaista	KATTEET	bitumikermi, pinta + 2 alus, 13,3 kg/m ²	9	m ²	116		35	1	116
AP	Eriste 200mm	LÄMMÖNERISTEET	EPS	694	kg	2 365				Ei vaihdeta

US 1	Ekovilla 50mm	LÄMMÖNERISTEET	Eriste kierrätyspaperi	165 kg	21		Ei vaihdeta		
US 1	Ekovilla 200mm	LÄMMÖNERISTEET	Eriste kierrätyspaperi	949 kg	120		Ei vaihdeta		
US 1	Ilmansulkupaperi	LÄMMÖNERISTEET	Eriste kierrätyspaperi	15 kg	2		Ei vaihdeta		
US1	Ulkoerhoilu	ULKOERHOILU	puu	2 620 kg	229	-4 061	50		
YP	Ilmansulkupaperi	LÄMMÖNERISTEET	Eriste kierrätyspaperi	12 kg	2		Ei vaihdeta		
YP	Ekovilla 100mm	LÄMMÖNERISTEET	Eriste kierrätyspaperi	389 kg	49		Ei vaihdeta		
YP	Puhallusvilla 400mm	LÄMMÖNERISTEET	Eriste kierrätyspaperi	1 302 kg	164		Ei vaihdeta		
YP	Aluskate	KATTEET	aluskermi, 2,4 kg/m2	152 m2	834		25	1	834
YP	Peltikate	KATTEET	teräs, sinkitty ja maali	1 146 kg	3 335		50		
Total						7 464	-4 061		951
Kevyet rakenteet (1.3 Tila-osat)									
US 1	Kipsilevy 13mm	LEVYT	kipsilevy	947 kg	397		50		
US 1	Tuulensuojalevy 25mm	LEVYT	kuitutuulensuoja	998 kg	456	-1 527	50		
YP 1	Kipsilevy 13mm	LEVYT	kipsilevy	1 047 kg	439		50		
VS	Runko 66mm	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	379 kg	35	-587	Ei vaihdeta		
VS	Kipsilevy 13mm	LEVYT	kipsilevy	2 061 kg	864		50		
Ikkunat	Ikkunat	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	Ikkunat, Puu-alumiini-ikkuna, sisältää myös lasit	18 m2	2 054		50		
Ulko-ovet	Pääovi	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	Ovi, ulko, puu	2 m2	122		40	1	122
Ulko-ovet	Parvekeovi	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	Ovi, ulko metalli	2 m2	40		50		
Väliovet	Väliovet	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	Ovi, sisä	13 m2	453		50		
Total						4 859	-2 114		122
Talotekniikka (2.1-2.4 Tekniikkaosat)									
	Lämmönjakokeskus	SÄHKÖOSAT							
	Ilmanvaihtojärjestelmä	LVI OSAT							
	Vesijohtojärjestelmä	LVI OSAT							
	Viemäriputkisto	LVI OSAT							
	Sähköasennukset ja kaapeloinnit	SÄHKÖOSAT							
Total									
Kaikki materiaalit yhteensä						29 225	-23 872		1 073
						Hiilijalanjälki	Hiilikädenjälki		Vaihtojen hiilijalanjälki

Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu

Luonnos hiilijalanjäljen arvioinnin testausta varten 9.12.2019

Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment**Valmistus, kuljetus ja työmaa -vaiheiden päästöjen arviointi (A)**

	Hiilijalanjälki	Hiilikädenjälki
	kg CO ₂ e/m ² _{netto} /a	kg CO ₂ e/m ² _{netto} /a
Ennen käyttöä syntyvät päästöt yhteensä	6,76	-5,08
Valmistus ja kuljetusvaihe (A1-4)	6,22	-5,08
Tontti	0,87	
Kantavat rakenteet	2,72	-3,77
Vaippa	1,59	-0,86
Kevyet rakenteet	1,03	-0,45

Talotekniikka

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

Työmaatoiminnot (A5)	0,55	
----------------------	------	--

Työmaatoimintojen arvot perustuvat neliömetrikohtaiseen taulukkoarvoon.

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 ₂ e/m ² _{netto} /a	kg CO ₂ e/m ² _{netto} /a
Käytön aikana syntyvät päästöt yhteensä	3,75	

Energiankäyttö (B6)	Energiankulutus (kWh/m ² _{netto} /a)	Hiilijalanjälki	Hiilikädenjälki
Sähkö	72,53	3,48	-
Kaukolämpö			-
Fossiiliset polttoaineet			-
Uusiutuvat polttoaineet			

Ylijäämäenergia	Energian tuotanto (kWh/m ² _{netto} /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.

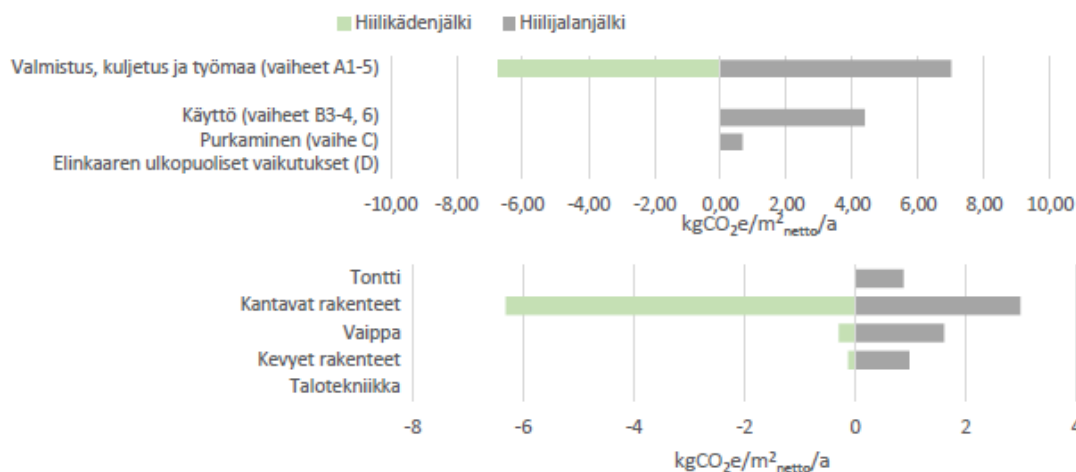
Verkkoon syötetty, tontilla tuotettu, uusiutuva energia huomioidaan kiinteistön hiilikädenjäljessä. Syötä vuotuinen ylijäämäenergia erikseen yllä oleviin kenttiin.

Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu

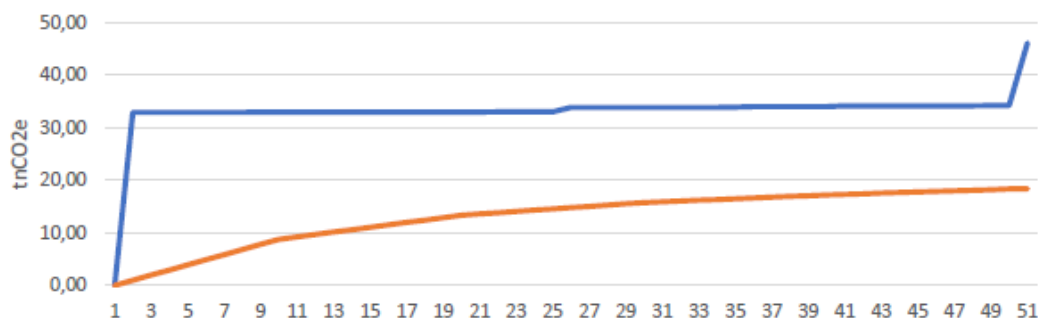
Luonnos hiilijalanjäljen arvioinnin testausta varten 9.12.2019



Elinkaariarvioinnin tulokset	Hiilijalanjälki	Hiilikädenjälki
	tn CO ₂ e	tn CO ₂ e
Elinkaaren aikana syntyvät kokonaispäästöt (A-D)	57	-32
	kg CO ₂ e/m ² _{netto} /a	kg CO ₂ e/m ² _{netto} /a
Vuotuiset päästöt lämmitettyä nettoalaa kohden (A-D)	12,06	-6,73
Valmistus, kuljetus ja työmaa (vaiheet A1-5)	7,00	-6,73
Tontti	0,87	
Kantavat rakenteet	2,99	-6,31
Vaippa	1,61	-0,29
Kevyet rakenteet	0,98	-0,12
Talotekniikka		
Käyttö (vaiheet B3-4, 6)	4,38	
Purkaminen (vaihe C)	0,67	
Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset (D)		



Kumulatiiviset vuotuiset päästöt



Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu
Luonnos hiilijalanjäljen arvioinnin testausta varten 9.12.2019



Materiaaliluettelo

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

Littera	Rakennusosa	Materiaalin tyyppi	Materiaali	Määrä	yks	kgCO ₂ e	kgCO ₂ e	a	kpl	kgCO ₂ e
						Hiilijalanjälki	Hiilikädenjälki	Vaihtoväli	Vaihdot	Hiilijalanjälki
Tontti (1.1. Alueosat)										
AP	Sisäpuolen täyttö	PIHA JA POHJARAKENTEET	Sora ja hiekka	114 912	kg	556				Ei vaihdeta
AP	Suodatinkantas	PIHA JA POHJARAKENTEET	Kuitukangas	10	kg	23				Ei vaihdeta
AP	Kapillaarikatko	PIHA JA POHJARAKENTEET	Sora ja hiekka	108 864	kg	526				Ei vaihdeta
AP	Ulkopuolen täyttö	PIHA JA POHJARAKENTEET	Sora ja hiekka	49 896	kg	241				Ei vaihdeta
AP	Salaojitussora	PIHA JA POHJARAKENTEET	Sora ja hiekka	1 973	kg	10				Ei vaihdeta
SOK	Antura	PIHA JA POHJARAKENTEET	Betoniantura ja -perustus (sis.raudoitteet)	11 205	kg	1 793				Ei vaihdeta
SOK	Routaeristeet	PIHA JA POHJARAKENTEET	Routaeriste, EPS	286	kg	955			50	
Total						4 103				
Kantavat rakenteet (1.2.1-1.2.3 Talo-osat)										
SOK	Perusmuuri	PIHA JA POHJARAKENTEET	Betoniantura ja -perustus (sis.raudoitteet)	14 940	kg	2 390				Ei vaihdeta
AP	Lattiavalu	PAIKALLAVALUBETONI JA RAUDOITTEET	Betoniteräs	19 740	kg	9 357				Ei vaihdeta
US 3	Hirsi 205 x 275 mm	SEINÄT JA SOKKELIT	Liimahirsiseinä	10 095	kg	1 435	-14 865			Ei vaihdeta
US ristikonkanta	Pystykoolaus 38mm	PILARIT JA PALKIT	Puuranka, sahatavara	168	kg	15	-260			Ei vaihdeta
US pilasteri	Runko 123mm	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	61	kg	6	-95			Ei vaihdeta
YP	Runko 48mm	PILARIT JA PALKIT	Puuranka, sahatavara	294	kg	27	-456			Ei vaihdeta
YP	Kattoristikot	PILARIT JA PALKIT	Puuranka, sahatavara	8 460	kg	778	-13 113			Ei vaihdeta
YP	Korokerima	PILARIT JA PALKIT	Puuranka, sahatavara	221	kg	20	-343			Ei vaihdeta
YP	Ruoteet	PILARIT JA PALKIT	Puuranka, sahatavara	352	kg	32	-546			Ei vaihdeta
Total						14 061	-29 677			
Vaippa (1.2.4-1.2.6 Talo-osat)										
SOK	Lämmöneriste	LÄMMÖNERISTEET	EPS	67	kg	228				Ei vaihdeta
SOK	Bitumihoopakaista	KATTEET	bitumikermi, pinta + 2 alus, 13,3 kg/m ²	9	m ²	116		35	1	116
AP	Eriste 200mm	LÄMMÖNERISTEET	EPS	694	kg	2 365				Ei vaihdeta

US ristikonkanta + pilasteri	Hirsipaneeli	ULKOVERHOILU	puu	886 kg	78	-1 373	50		
YP	Höyrynsulkumuovi	KOSTEUSERISTE	Kosteussulku	18 kg	54		Ei vaihdeta		
YP	Kivilla 100mm	LÄMMÖNERISTEET	Eriste, vuorivilla	389 kg	399		Ei vaihdeta		
YP	Puhallusvilla 400mm	LÄMMÖNERISTEET	Eriste kierrätyspaperi	1 302 kg	164		Ei vaihdeta		
YP	Aluskate	KATTEET	aluskermi, 2,4 kg/m2	152 m2	834		25	1	834
YP	Peltikate	KATTEET	teräs, sinkitty ja maali	1 146 kg	3 335		50		
Total					7 573	-1 373			951
Kevyet rakenteet (1.3 Tila-osat)									
US 1	Kipsilevy 13mm	LEVYT	kipsilevy	947 kg	397		50		
US 1	Tuulensuojalevy 9mm	LEVYT	kipsilevy	387 kg	162		50		
YP 1	Kipsilevy 13mm	LEVYT	kipsilevy	1 047 kg	439		50		
VS	Runko 66mm	SEINÄT JA SOKKELIT	Puuranka, sahatavara	379 kg	35	-587	Ei vaihdeta		
VS	Kipsilevy 13mm	LEVYT	kipsilevy	2 061 kg	864		50		
Ikkunat	Ikkunat	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	Ikkunat, Puu-alumiini-ikkuna, sisältää myös lasit	18 m2	2 065		50		
Ulko-ovet	Pääoovi	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	Ovi, ulko, puu	2 m2	140		40	1	140
Ulko-ovet	Parvekeovi	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	Ovi, ulko metalli	2 m2	46		50		
Väliovet	Väliovet	IKKUNAT ja OVET ja LASISEINÄT	Ovi, sisä	13 m2	460		50		
Total					4 608	-587			140
Talotekniikka (2.1-2.4 Tekniikkaosat)									
	Lämmönjakokeskus	SÄHKÖOSAT							
	Ilmanvaihtojärjestelmä	LVI OSAT							
	Vesijohtojärjestelmä	LVI OSAT							
	Viemäriputkisto	LVI OSAT							
	Sähköasennukset ja kaapeloinnit	SÄHKÖOSAT							
Total									
Kaikki materiaalit yhteensä					30 345	-31 637			1 091
					Hiilijalanjälki	Hiilikädenjälki			Vaihtojen hiilijalanjälki

Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu

Luonnos hiilijalanjäljen arvioinnin testausta varten 9.12.2019

Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment**Valmistus, kuljetus ja työmaa -vaiheiden päästöjen arviointi (A)**

	Hiilijalanjälki	Hiilikädenjälki
	kg CO ₂ e/m ² _{netto} /a	kg CO ₂ e/m ² _{netto} /a
Ennen käyttöä syntyvät päästöt yhteensä	7,00	-6,73
Valmistus ja kuljetusvaihe (A1-4)	6,46	-6,73
Tontti	0,87	
Kantavat rakenteet	2,99	-6,31
Vaippa	1,61	-0,29
Kevyet rakenteet	0,98	-0,12

Talotekniikka

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

Työmaatoiminnot (A5)	0,55	
----------------------	------	--

Työmaatoimintojen arvot perustuvat neliömetrikohtaiseen taulukkoarvoon.

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 ₂ e/m ² _{netto} /a	kg CO ₂ e/m ² _{netto} /a
Käytön aikana syntyvät päästöt yhteensä		4,38	
Energiankäyttö (B6)	Energiankulutus (kWh/m²_{netto}/a)	4,11	
Sähkö	85,58	4,11	-
Kaukolämpö			-
Fossiiliset polttoaineet			-
Uusiutuvat polttoaineet			

Ylijäämäenergia	Energian tuotanto (kWh/m ² _{netto} /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.

ENERGIASELVITYKSEN PÄÄTIEDOT (2018 säädöksen mukaisesti)			
Rakennuskohde			
Osoite	YM:n energiatodistusoppaan esimerkki,		
Rakennuksen käyttötarkoitus	Yhden asunnon talot		
Rakennusvuosi	2020		
Lämmitetty nettoala	94	m ²	
Rakennuksen kokonaisenergian kulutus (E-luku)			
	Ostoenergia kWh/(m ² a)	E-luku kWh/(m ² a)	
Tilojen lämmitys (2)	25.55	30.66	
Ilmanvaihdon lämmitys (3)	2.04	3.52	
Lämmin käyttövesi	18.43	22.11	
Sähkölaitteet	25.81	30.74	
Jäähdytys	0.00	0.00	
Yhteensä	72.53	87.03	
(2) sisältää vuotolman, korvausilman ja tulotilan lämpenemisen tilassa.			
(3) jälkilämmityspatteri, laskettu lämmöntalteenoton kanssa.			
E-luku		88	kWh/(m ² a)
E-luvun vaatimustaso (mahdolliset helpotukset huomioiden, kts. erillinen liite)		144	kWh/(m ² a)
Todellinen ostoenergia			
	kWh/a	kWh/(m ² a)	
Tilojen lämmitys	3286	34.06	
Ilmanvaihdon lämmitys	582	6.19	
Lämmin käyttövesi	1732	18.43	
Sähkölaitteet	2651	28.20	
Jäähdytys	0	0.00	
Yhteensä	8251	87.78	
Laskettu sijaintipaikkakunnan vyöhykkeen mukaisilla säätedolilla.			
(E-luku laskennassa käytetty vyöhykettä I)			
Energialaskennan lähtötiedot ja tulokset			
2018 säädöksen mukaisesti erillisessä liitteessä.			
Kesäaikainen huonelämpötila ja tarvittaessa jäähdytysteho			
2018 säädöksen mukaisesti.			
(muille kuin pientaloille erillisen laskelman mukaan)			
Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuus			
2018 säädöksen mukaisesti erillisessä liitteessä.			
Rakennuksen lämmitysteho mitoitusilanteessa			
	kW	W/m ²	
Tilojen lämmitys	4.15	44	
Ilmanvaihdon lämmitys (jälkilämmityspatteri)	1.32	14	
Lämmin käyttövesi	52.50	559	
Jäähdytys	0.00	0	
Rakennuksen lämmitystehontarve	64.41	685	
Laskettu sijaintipaikkakunnan vyöhykkeen mukaisilla mitoitusarvoilla.			
Lämpimän käyttöveden lehotarve helteellisen mitoitustilanteen mukaan.			
Rakennuksen energiatodistus			
Energiatodistusasetuksen 2018 mukaisesti erillisessä liitteessä.			
E-luokka:	A	(Energiatodistusasetuksen 2018 mukaisesti)	
Laskentatyökalun nimi ja versio numero			
Laskentatyökalun nimi ja versio numero	www.laskentapalvelut.fi, versio 1.4 (01.12.2019)		

ENERGIASELVITYKSEN PÄÄTIEDOT (2018 säädöksen mukaisesti)			
Rakennuskohde			
Osoite	YM:n energiatodistusoppaan esimerkki,		
Rakennuksen käyttötarkoitus	Yhden asunnon talot		
Rakennusvuosi	2020		
Lämmitetty nettoala	94	m ²	
Rakennuksen kokonaisenergian kulutus (E-luku)			
	Ostoenergia kWh/(m ² a)	E-luku kWh/(m ² a)	
Tilojen lämmitys (2)	41.24	49.49	
Ilmanvaihdon lämmitys (3)	2.94	3.52	
Lämmin käyttövesi	16.95	20.34	
Sähkölaitteet	25.61	30.74	
Jäähdytys	0.00	0.00	
Yhteensä	86.74	104.09	
<small>(2) sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa.</small>			
<small>(3) jälkilämmityspatteri, laskettu lämmöntalteenoton kanssa.</small>			
E-luku		105	kWh/(m ² a)
E-luvun vaatimustaso (mahdolliset helpotukset huomioiden, kts. erillinen liite)		172	kWh/(m ² a)
Todellinen ostoenergia			
	kWh/a	kWh/(m ² a)	
Tilojen lämmitys	5068	53.91	
Ilmanvaihdon lämmitys	582	6.19	
Lämmin käyttövesi	1593	16.95	
Sähkölaitteet	2651	28.20	
Jäähdytys	0	0.00	
Yhteensä	9894	105.25	
<small>Laskettu sijaintipaikkakunnan vyöhykkeen mukaisilla säädedoilla.</small>			
<small>(E-luku laskennassa käytetty vyöhykettä I)</small>			
Energialaskennan lähtötiedot ja tulokset			
2018 säädöksen mukaisesti erillisessä liitteessä.			
Kesäaikainen huonelämpötila ja tarvittaessa jäähdytysteho			
2018 säädöksen mukaisesti.			
(muille kuin pientaloille erillisen laskelman mukaan)			
Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuus			
2018 säädöksen mukaisesti erillisessä liitteessä.			
Rakennuksen lämmitysteho mitoitustilanteessa			
	kW	W/m ²	
Tilojen lämmitys	6.08	65	
Ilmanvaihdon lämmitys (jälkilämmityspatteri)	1.32	14	
Lämmin käyttövesi	52.50	559	
Jäähdytys	0.00	0	
Rakennuksen lämmitystehontarve	66.55	708	
<small>Laskettu sijaintipaikkakunnan vyöhykkeen mukaisilla mitoitustarvoilla.</small>			
<small>Lämpimän käyttöveden tehontarve hetkellisen mitoitustarvojen mukaan.</small>			
Rakennuksen energiatodistus			
Energiatodistusasetuksen 2018 mukaisesti erillisessä liitteessä.			
E-luokka:	B	(Energiatodistusasetuksen 2018 mukaisesti)	
Laskentatyökalun nimi ja versio numero			
Laskentatyökalun nimi ja versio numero		www.laskentapalvelut.fi, versio 1.4 (01.12.2019)	