

Puurakentamisen kiertotalousratkaisut: Kiertotaloushyötyjen pilotointi modulaarisissa puutuotteissa

VN/9260/2019

Kasvua ja kehitystä –puusta tukiohjelma

Loppuraportti

26.2.2021

Sisällysluettelo

1. Tiivistelmä	4
2. Hankkeen tausta ja tavoitteet.....	4
3. Hankkeen osapuolet ja menetelmät.....	5
4. Uudelleenkäytön ja kierrätyksen arviointi	5
5. Elinkaariarviointi	8
5.1 Tarkastelun kohde ja toiminnallinen yksikkö.....	8
5.1.1 Allokointimenettelyt	8
5.1.2 Tarkastelujärjestelmän rajaukset.....	8
5.1.3 Lähtötiedot.....	9
5.2 Inventaarioanalyysi	9
5.2.1 Tuotevaihe (A1-A3)	10
5.2.2 Rakentamisvaihe (A4-A5).....	10
5.2.3 Rakennuksen käyttövaihe (B1-B7)	11
Rakennuksen korjaukset ja osien vaihto (B3- B4).....	11
Käytön aikainen ostoenergia (B6)	11
5.2.4 Rakennuksen purkuvaihe (C1-C4)	12
5.2.5 Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset (D)	12
5.2.6 Hiilikädenjälki	13
5.2.7 Skenaariot	14
5.3 Vaikutusarviointi	15
5.4 Tulosten tulkinta - herkkyystarkastelu.....	21
6. Muovin käytön vähentäminen puumoduulirakentamisessa	22
7. Rakennuksen elinkaaren pidentäminen	23
8. Hankkeen tulokset	24
9. Hankkeen vaikuttavuus.....	24
10. Viestinnän toteuttaminen ja tulokset	24
11. Tulosten kestävyys ja hyödyntäminen	25
12. Talousraportti	25
13. Suositukset tulevia hankkeita ja ohjelmia varten	25
14. Johtopäätökset.....	25
LIITE 1. Rakennuksen purkamiseen käytetyt skenaariot.	27
Taulukko 1. Skenaario 1.	27

Taulukko 2. Skenaario 2.	27
LIITE 2. Käytetyn data arviointi:	28
Ympäristöministeriön Rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmä.	28
LEVEL(s)- viitekehysten arvioinnin menetelmä.	29

1. Tiivistelmä

Modulaarisia puutuotteita voidaan käyttää kattavasti puurakentamisessa sekä kaupunkiympäristössä, julkisessa rakentamisessa että halleissa ja muissa suurissa puurakenteissa. Hankkeessa todennettiin modulaarisen puutuotteen kiertotaloushyötyjä pilottikohteeksi valitussa Nousiaisten päiväkodissa. Päämenetelmäksi valittiin elinkaaren aikaisten vaikutusten arviointi, minkä lisäksi hankkeessa arvioitiin uudelleenkäytön ja kierrätyksen mahdollisuuksia sekä muovimateriaalien korvausmahdollisuuksia.

Selvityksessä toteutettiin erillinen skenaariotarkastelu tuottamaan tietoa, miten rakennuksen hiilijalanjälki muuttuu, kun rakennusta käytetään useammassa käyttötarkoituksessa eri paikoissa tarkasteluajanjaksolla. Tässä skenaariossa rakennus toimii Nousiaisten päiväkotina 15 vuotta. Tämän jälkeen päiväkotia siirretään Maskuun päiväkodiksi 10 vuoden ajaksi. Lopulta rakennus siirretään Nousiaisiin takaisin kirjastoksi 15 vuoden ajaksi.

Elinkaaren aikaisen hiilijalanjäljen laskentaan sisällytettiin myös elinkaaren ulkopuolisten vaikutusten laskenta erillisenä lisätietona, sekä osana hiilikädenjälkeä. Modulaarisen päiväkodin hiilijalanjälki ja hiilikädenjälki laskettiin Ympäristöministeriön (2019) laatiman ”Rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmän” mukaisesti. Lisäksi työssä selvitettiin modulaarisen päiväkodin rakentamisen aikaisen materiaalien käytön tehokkuus ja jätteiden synty, sekä energian käyttö rakennuksen elinkaaren ajalta.

Modulaarisen puurakennuksen merkittävin etu on mahdollisuus muuttaa rakennusta sen elinkaaren aikana mm. laajentamalla, pienentämällä, siirtämällä ja käyttötarkoitusta muuttamalla tarpeiden mukaisesti. Muuntautumiskyvyn vuoksi modulaariset rakennukset luovat erityisesti julkiseen rakentamiseen aivan uusia mahdollisuuksia kuntatalouden muuttuvissa tilanteissa.

Hankkeessa todettiin, että modulaarisuus asettaa haasteita rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmän soveltuvuudelle hiilijalanjäljen laskentaan. Hankkeessa saatuja tuloksia onkin mahdollista käyttää laskentamenetelmän kehittämiseen paremmin modulaarisuuden huomioivaksi ennen kuin menetelmä otetaan käyttöön osana säädosohjausjärjestelmää vuoteen 2025 mennessä. Hankkeen tuloksia hyödynnetään FM-Hausin sisäisessä kehitystyössä sekä markkinoinnissa.

2. Hankkeen tausta ja tavoitteet

FM-Hausin strategia on tehdä tilaa joustavasti ja kestävästi ja siten vastata modernin yhteiskunnan haasteisiin. Tuotteita kehitetään vastaamaan tulevaisuuden tilaratkaisujen ja rakentamisen tarpeisiin. Hankkeessa selvitettiin modulaaristen puutuotteiden kiertotaloushyötyjä ja arvioitiin kehitystoimia puurakentamisen, uudelleenkäytön ja kierrätyksen lisäämiseksi.

Moduulirakentaminen antaa mahdollisuuden muuttaa rakennusta elinkaaren aikana. Rakennuksen laajentaminen, pienentäminen ja siirtäminen sekä käyttötarkoituksen muuttaminen ovat mahdollisia tarpeiden mukaisesti. Erityisesti julkiseen rakentamiseen kuten koulu- ja päiväkotirakentamiseen moduulirakentaminen tuo aivan uusia mahdollisuuksia muuttuvissa tilanteissa. Tämän vuoksi hankkeen pilottikohteeksi valittiin vuonna 2019 rakennettu päiväkotia Nousiaisten kunnassa.

Moduulit rakennetaan suojatuissa sisätiloissa ja kuljetetaan kohteeseen suojattuna. Tämän päivän rakentamisessa kosteusvaurioiden ehkäisemisellä on elinkaaren kannalta erittäin suuri merkitys. Purkamisvaiheessa rakennustuotteiden sekä irtaimiston uudelleenkäyttöä rajoittavat sisäilmaongelmista aiheutuneet kontaminaatiot. Tätä ei varsinaisesti voida huomioida elinkaarilaskennassa, mutta hankkeessa arvioitiin yleisellä tasolla sisäilmaongelmien ratkaisuun liittyviä toimia moduulirakentamisessa.

Vastuullinen rakentaminen on tärkeää elinkaarivaikutusten pienentämiseksi. FM-Haus tuottaa elinkaarimallin mukaisesti perinteisen takuuvastuun lisäksi rakennuksen huolto- ja kunnossapitopalvelut, rakennuksen ylläpitopalvelut sekä peruskorjaukset. Rakennuksen vuokrausmahdollisuus lisää rakentajan vastuuta koko elinkaaresta.

Moduulien kantavat rakenteet on valmistettu täysin puusta ja tuote on taloudellisesti ja ympäristön näkökulmasta aidosti kestävä ratkaisu. Modulaaristen puutuotteiden kiertotaloushyötyjen osoittaminen oli hankkeen keskeinen osa, joka toteutettiin elinkaariarvioinnilla. Muovimateriaalien korvaamista arvioitiin aiottua suppeammin.

Elinkaariarvioinnin tavoitteena oli laskea modulaarisen puurakenteisen päiväkodin elinkaaren aikainen hiilijalanjälki ja hiilikädenjälki. Laskennan tuloksia voidaan hyödyntää ympäristöministeriön Kasvua ja kehitystä puusta tukiohjelmassa sekä rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmän kehittämisessä. Selvitys tuottaa myös tietoa modulaaristen puurakenteisten rakennusten rakentamisen kehittämiseen rakennuksissa käytettävien materiaalien ympäristösuorituskyvyn huomioimisen kautta.

Elinkaariarvioinnissa käytettiin Ympäristöministeriön Rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmän laskentaperiaatteita. Lisäksi laskennassa noudatettiin standardeja EN 15978, EN 15804, sekä EN 15643-sarjan standardeja ja Level(s)-menetelmän periaatteita, joihin myös vähähiilisyyden arviointimenetelmä perustuu. Edellisten lisäksi laskentaa tukevinä dokumentteina käytettiin Rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmän taustamuistiota, sekä keskustelua ympäristöministeriön kanssa.

Hankkeen tuloksia hyödynnetään monin tavoin vielä hankkeen päättymisen jälkeen. Ensisijainen päämäärä on lisätä puurakentamiseen liittyvää tietoutta ja sitä kautta vaikuttaa puurakentamisen yleistymiseen erityisesti julkisella sektorilla, kaupunki- ja hallirakentamisessa. Kotimaisten markkinoiden kasvu edistää puurakentamisen ja puurakentamisen osaamisen viennin mahdollisuuksia.

3. Hankkeen osapuolet ja menetelmät

Hanketta koordinoi FM-Haus Oy, projektipäällikkönä Toni Sjöman. Hankkeeseen valittiin suunnitteluvaiheessa kolme kumppania. Winto Better World Oy, LCA Consulting Oy sekä Hämeen ammattikorkeakoulu HAMK.

Hankkeen purkumateriaalihin liittyvästä konsultoinnista vastasi Winto Better World Oy, joka on vuonna 2018 perustettu ympäristökonsultoinnin ja -koulutuksen asiantuntijayritys. Erityisen vahva kokemus Wintolla on rakentamisen ja purkamisen materiaalivirroista, tietokannoista sekä näihin liittyvästä sääntelystä. Winto toimii myös kansainvälisessä yhteistyössä yritysten, järjestöjen ja EU-hankkeiden kanssa. Hankkeen yhteistyöstä vastasi toimitusjohtaja, FM Riikka Kinnunen.

Hankkeen elinkaariarvioinnin toteutti LCA Consulting Oy. LCA Consulting Oy on vuonna 2013 perustettu elinkaariarviointiin ja resurssitehokkuuteen erikoistunut ympäristöalan asiantuntijayritys. LCA Consulting on toteuttanut lukuisia elinkaariarviointeja eri aloille teollisuuteen ja jätehuoltoon, ja tehnyt tieteellistä tutkimusta elinkaariarviointiin liittyen. LCA Consulting toimii myös mukana teollisuudenalan sekä kaupunkien päästölaskennan asiantuntijaryhmissä vieden eteenpäin yhtenäisiä ja oikeudenmukaisia laskentasäännöstöjä. LCA Consultingilta hankkeesta vastasi projektipäällikkö, DI Heli Kumpulainen.

Hankkeen osatoteutus oli tarkoitus teettää opiskelijatyönä Hämeen ammattikorkeakoulu HAMK:ssa. Koulutusohjelman moduulit eivät kuitenkaan edenneet hankkeen kannalta sopivassa aikataulussa, minkä vuoksi HAMK:lle kaavailut osat toteutettiin soveltuvin osin hankkeen muiden osapuolten toimesta. Tähän varatut kulut ohjattiin hankkeen muuhun toteutukseen kuten viestinnän parantamiseen.

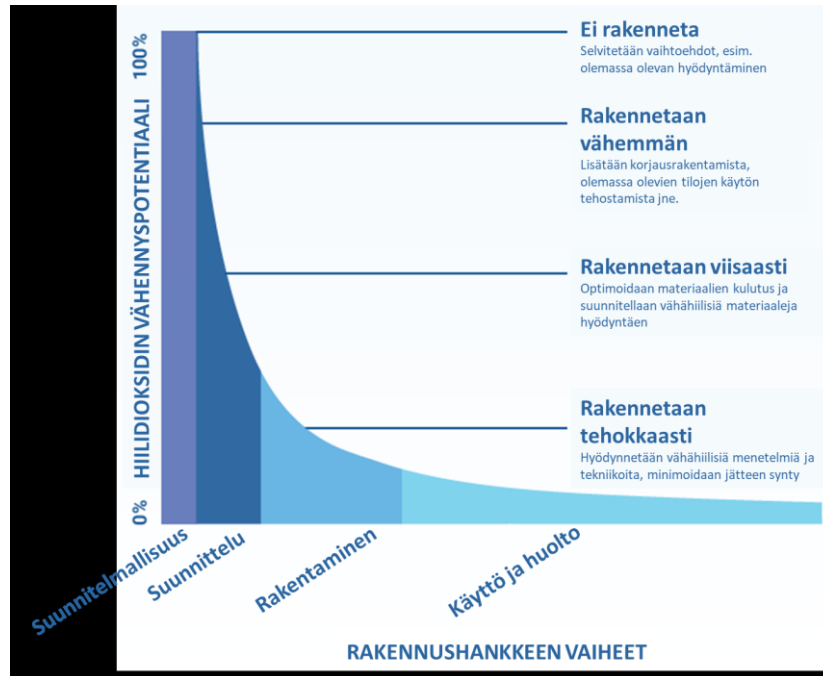
4. Uudelleenkäytön ja kierrätyksen arviointi

Puun osuus Suomen kaikesta rakennus- ja purkujätteestä on heti betonijätteen jälkeen toiseksi suurin. Puu on Suomessa jatkossakin yleinen rakennusmateriaali, joten sen energiakäytölle tulisi kehittää uusia, vaihtoehtoisia korkeamman jalostusasteen materiaali-kierrätyskohteita¹. Tämän lisäksi rakennuksen tai sen osien jäännösarvoa voidaan lisätä, jos niitä voidaan käyttää uudelleen muualla. Tähän modulaarisuus tuo aivan omia ratkaisujaan. Onkin tärkeää arvioida rakennuksen ja sen käytön koko elinkaarta jo hankesuunnittelussa.

Eri selvitysten mukaan suurin päästövähennyspotentialiaali käytönaikaisen energiankulutuksen jälkeen rakentamisessa on nimenomaan suunnittelu- ja rakentamisvaiheessa. Kaikkein tehokkainta on, kun uutta ei rakenneta, vaan selvitetään esimerkiksi olemassa olevan hyödyntämistä. Toiseksi korjausrakentamista lisäämällä ja olemassa olevien tilojen käytön tehostamisella voidaan vähentää syntyviä päästöjä. Viisaasti ja tehokkaasti rakentaminen puolestaan

¹ Puupohjaisen rakennus- ja purkujätteen kiertotalous. Loppuraportti 20.12.2019. Gaia Consulting Oy & Ytekki Oy.

tarkoittaa materiaalien kulutuksen optimointia ja vähähiilisten materiaalien käyttöä (kuva 1). Puumoduulirakentaminen on ratkaisu monien näiden tekijöiden huomioimiseen.



Kuva 1. Päästövähennyspotentiaali rakentamisen eri vaiheissa².

Rakennusosien uudelleenkäytölle ja kierrätykselle erityisesti puurakentamisessa on nykyisin suuria haasteita. Tunnistamalla pilottikohteen rakentamisvaiheen ja käytön jälkeiset resurssivirrät on mahdollista tunnistaa puumoduulirakentamisen kiertotalousmahdollisuudet nykyistä tehokkaammin. Tällä puolestaan voidaan vaikuttaa tilaajien näkökulmiin moduulirakentamisesta ja sen hyödyistä. Pilottikohteessa puun osuus rakennuksen resurssivirroista on 44,8 %, ja teräsbetonin osuus 24,9 %. Kolmanneksi suurin resurssi on kipsilevyt 20,1 %:n osuudella (kuva 2).

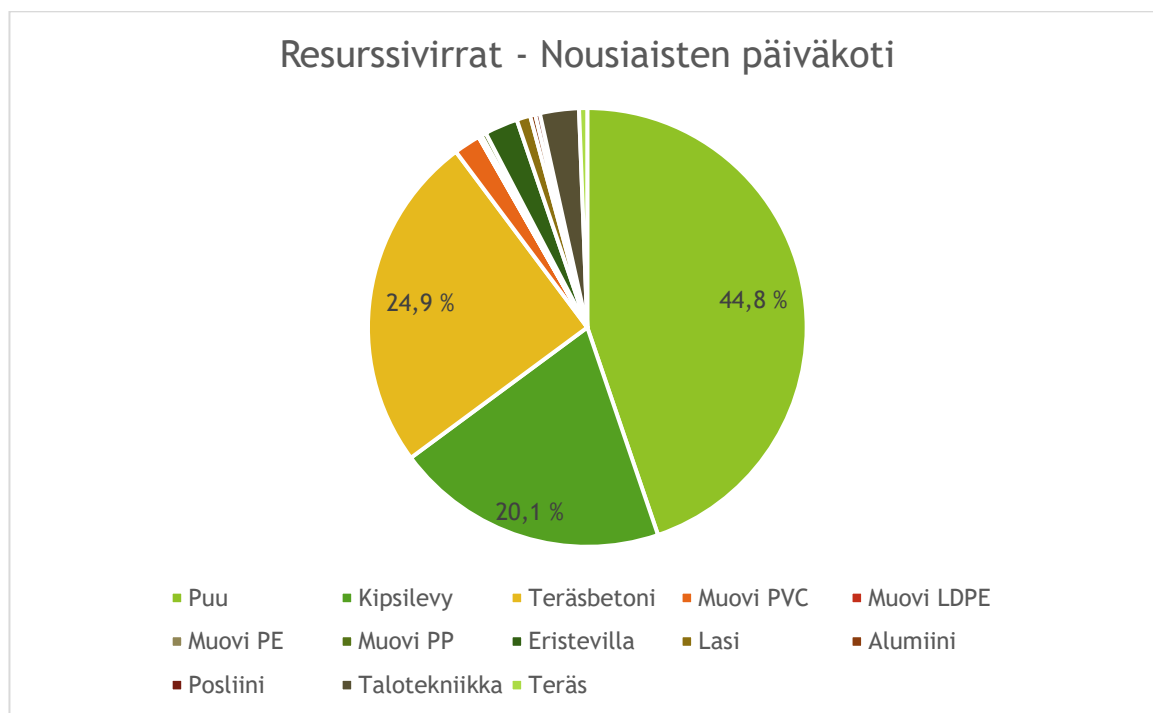
Purkuvaiheen osalta rakennuksen materiaalivirtojen kierrätys- ja hyödyntämisvaihtoehtoihin tehtiin kaksi eri skenaariota, joita on käytetty elinkaaren ulkopuolisten vaihtoehtojen laskennassa (kappale 5.2.5, taulukko 9, liite 1).

Moduulien hankinta on mahdollista ostamalla, ostamiseen sisällytettävällä siirto-optiolla sekä vuokraamalla. Tällä hetkellä tilaaja useimmiten ostaa rakennuksen, mikä saattaa johtaa tilanteeseen, jossa uudelleenkäyttöpotentiaalia ei tule täysimääräisesti huomioon. Skenaario A lähtee tilanteesta, jossa FM-Haus voi tehdä moduulien uudelleenkäytön mahdollisimman tehokkaasti, kun taas skenaario B on perinteinen purku ja purkujätteen käsittely nykYTEKNIKOILLA.

Uudelleenkäyttö on jo tänä päivänä toteutettavissa pilottikohteessa katto- ja lattiapalkeille sekä osalle kantavista puurakenteista, mikä vastaa 55 % kaikesta puumateriaalista. Teräsbetoni on mahdollista kokonaisuudessaan ohjata uusien perustusten rakentamiseen, mutta jos käyttöikä on ylittänyt 50 vuotta, tarvitaan kelpoisuuden varmistamiseen testaukset. Lisäksi uudelleenkäyttöpotentiaalia on posliinikalusteilla ja lasilla. Näihin edellytyksenä on toimiva välitystoiminta.

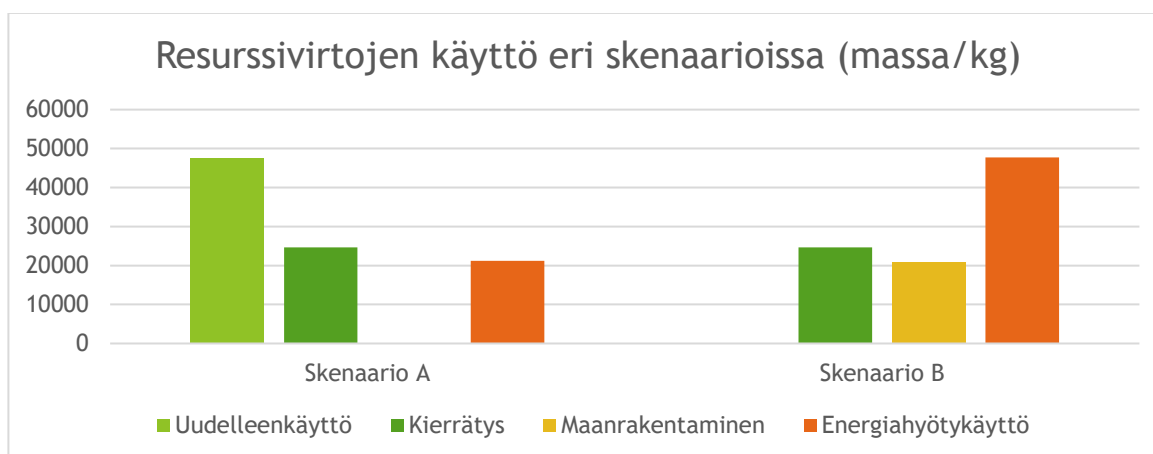
² Lähde: Kiertotalouden potentiaali rakentamisessa Lounais-Suomessa. Loppuraportti. Varsinais-Suomen liitto, AFry. Alkuperäinen World Green Building Council (2019). Bringing embodied carbon upfront.

Muovin osuus rakennuksen resurssivirroista on 2,6 %, ja se jakautuu eri muovityyppeihin (PVC, LDPE, PP ja PE). Purkuvaiheessa höyrynsulkumuovien kierrätettävyys on kaikkein paras, mutta sen määrä on vain n. 0,2 % kaikista resurssivirroista.



Kuva 2. Pilottikohteen resurssivirtojen jakautuminen.

Skenaariossa B purku tehdään perinteisin keinoin, jolloin sekalaisen purkujätteen osuus kasvaa skenaarion A 2,6 % osuudesta 6,4 %:iin. Sekalaisen purkujätteen lisäksi energiahyödyntämiseen ohjautuu puhdasta puuta skenaariossa A noin 20 % ja skenaariossa B lähes 45 %. Skenaarioiden väliset erot eri hyödyntämistavoissa on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Skenaario A kuvaa resurssivirtojen ensisijaista käsittelytapaa ja Skenaario B resurssivirtojen käsittelyä perinteisessä purkutyössä.

5. Elinkaariarviointi

5.1 Tarkastelun kohde ja toiminnallinen yksikkö

Laskennan kohteena oli modulaarinen puurakenteinen päiväkotikoti Nousiaisissa. Päiväkodin osoite on Maskuntie 26, 21270 Nousiainen. Päiväkoti on rakennettu alkutalvesta 2019 ja päiväkotikoti on otettu käyttöön vuoden 2019 elokuussa. Päiväkoti on ympärivuotisessa käytössä.

Nousiaisten päiväkotikoti on yksikerroksinen ryhmätilojen, sosiaali- ja saniteettitilojen, toimistojen ja jakelukeittiön muodostama kokonaisuus. Modulaarisen päiväkodin perustus koostuu viidestä vaakabetonipalkista. Päiväkodin runko on puuta, sekä ala- ja yläpohja ovat puurakenteisia. Kevyet väliseinät ovat kertorankaisia ja lattiamateriaali muovimattoa. Julkisivut ovat puuverhoiltua lautta, ulko-ovet ovat puuta ja alumiinia, sekä ikkunat puu-alumiini-ikkunoita. Päiväkodin vesikatto on PVC-muovia. Liuskat ja portaat ovat puurakenteisia. Kiinteistökokonaisuuteen ei kuulu erillistä autokatoksi, tai talleja, eikä piharakennuksia. Energiankäytön osalta päiväkodissa käytetään Suomen keskimääräisen sähköntuotannon mukaista sähköä ja lämmitysmuotona kaukolämpöä. Päiväkodin keskeisimmät tunnusluvut ovat esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Nousiaisten päiväkodin keskeisimmät tunnusluvut.

Tunnusluvut	Arvo	Yksikkö
Rakennusoikeudellinen kerrosala	308,5	m ²
Rakennuksen tilavuus	1 172	m ³
Huoneistoala, netto	276,0	nettom ²

Tarkastelun toiminnallisena yksikkönä on Rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmän mukaisesti lämmitetty nettoala/vuosi (nettom²/vuosi).

5.1.1 Allokointimenettelyt

Päiväkodin hiilijalanjäljen laskennassa ei toteutettu erillistä materiaali- ja energiavirtojen kohdentamista, eli allokaatiota. Herkkyystarkasteluna toteutetun hiilijalanjäljen laskennassa käytettiin käyttövuoteen perustuvaa allokaatiota kolmelle päiväkodin eri käyttökohteelle. Taulukossa 2 on esitetty päiväkodin käyttöiän perusteella määritellyt allokointikertoimet.

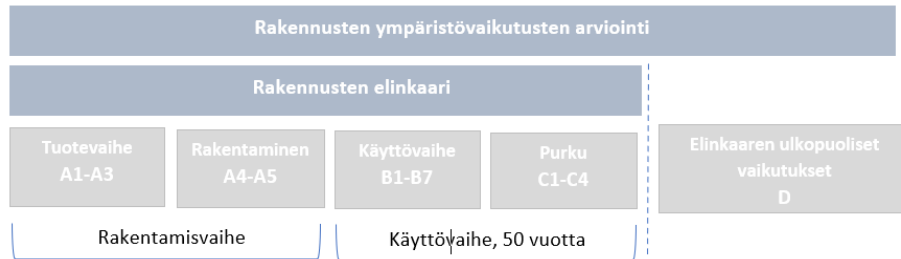
Taulukko 2. Allokointikertoimet päiväkodin eri käyttövuosien perusteella.

Käyttökohde	Arvo
Päiväkoti Nousiainen	0,5
Päiväkoti Masku	0,2
Kirjasto Nousiainen	0,3

5.1.2 Tarkastelujärjestelmän rajaukset

Hiilijalanjälkitarkastelu toteutetaan kehdestä hautaan (Cradle to Grave) -tarkasteluna, sisältäen kokonaisuudessaan raaka-aineiden hankinnan, materiaalien valmistuksen, rakentamisen, rakennuksen käytön sekä rakennuksen purun. Elinkaariarviointi toteutettiin 50 vuoden käyttövaiheella.

Hiilijalanjälkitarkasteluun on sisällytetty Rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmän (noudattaen EN 15804) mukaisesti moduulit A-C. Hiilijalanjälkituloksissa on esitetty myös päiväkodin elinkaaren ulkopuolisia vaikutuksia sisällyttämällä tarkasteluun moduuli D (kuva 4).



Kuva 4. Rakennuksen hiilijalanjälkitarkastelu standardin EN 15804 mukaisesti.

Hiilijalanjäljen lisäksi kohteelle on laskettu hiilikädenjälki, jolla ympäristöministeriön määrätyksen mukaisesti tarkoitetaan sellaisia ilmastohyötyjä, joita rakennuksen elinkaaren aikana voidaan saavuttaa ja joita ei syntyisi ilman rakennushanketta. Hiilikädenjälkeä ei ole vähennetty hiilijalanjäljestä.

Tarkastelussa on huomioitu kaikki rakennuksen merkittävimmät materiaaalierät arviointimenetelmän mukaisesti (taulukko 3). Tarkastelun ulkopuolelle on jätetty mm. päiväkodin kalusteet, keittiölaitteistot, sisustus, sekä ne tekniset laitteistot, joiden merkitys kokonaisuuteen on vähäinen. Kuljetuksiin liittyvät tiedot on koottu rakennuttajalta, ja ne perustuvat toteutuneisiin kuljetustietoihin. Kunnallistekniikan liityntöjen ja pihan vaikutuksia ei ole otettu mukaan tarkasteluun. Päiväkodin muusta toiminnasta aiheutuvia päästöjä ei ole huomioitu.

Taulukko 3. Tarkastelussa huomioitavat rakennusosat.

Kokonaisuus	Sisältö
Tontti	Maatyöt,
Kantavat rakenteet	Perustukset, alapohjat, runko, julkisivut, vesikatot
täydentävät rakenteet	Väliseinät, pintarakenteet, kiintokalusteet
Talotekniikka	Lämmitysjärjestelmät, vesi- ja viemärijärjestelmät, ilmastointijärjestelmät, sähkön jakelu- ja käyttöjärjestelmät

5.1.3 Lähtötiedot

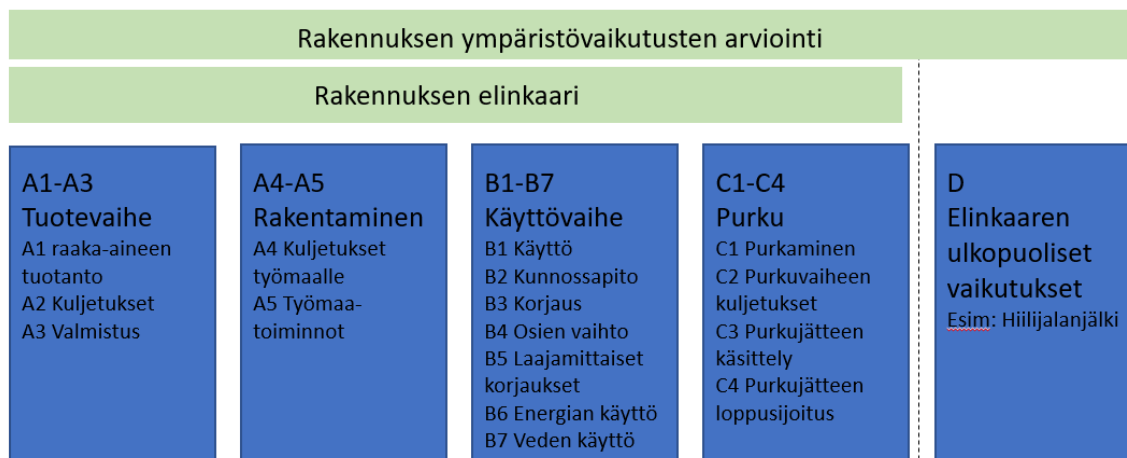
Selvityksessä käytettiin FM-Hausilta saatua primääridataa. Rakentamiseen liittyvät materiaali- ja määrätiedot sekä mm. maansiirtoon, rakennusvaiheeseen ja rakennuksen käyttövaiheeseen liittyviä tietoja, myös tuotteiden toimittajiin liittyvät tiedot saatiin FM-Hausilta. Rakentamisen aikainen energiankulutus on saatu FM-Hausilta. Rakennuksen käyttövaiheen sähkönkulutuksen ja lämmönkulutuksen lähtötietona on käytetty Komate Oy:n laatimaa päiväkodin energiaselvitystä.

Rakennuksen materiaalien kasvihuonekaasupäästöjen arviointiin ja materiaaleihin varastoituneen eloperäisen hiilen arviointiin käytettiin pääosin tuotteiden valmistajakohtaisista ympäristötuoteselosteista (EPD) tai tuotetta vastaavaa ympäristötuoteselostetta. Täydentävänä lähtötietona on käytetty Gabi tietokantoja (Professional database 2018). Kuljetusten ja työkalujen kasvihuonekaasupäästöjen arviointiin käytettiin VTT:n Lipasto tietokantaa. Polttoaineiden kasvihuonekaasupäästöjen arviointiin on käytetty lähteenä Tilastokeskuksen ”Polttoaineluokitus 2019” -tilastoa. Käyttöenergian kasvihuonekaasupäästökertoimien lähteenä on käytetty Ympäristöministeriön ”Rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmän” liitteessä 2 olevia energiamuotojen päästökertoimia.

Data laadun arviointi on toteutettu Ympäristöministeriön Rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmässä olevan liitteen ja LEVEL(s)- viitekehityksen arvioinnin menetelmällä. Datan laadun arviointi on dokumentoitu liitteessä 2.

5.2 Inventaarioanalyysi

Tässä luvussa on kuvattu tarkemmin Nousiaisten päiväkodin elinkaaren aikaisen hiilijalanjäljen eri vaiheiden laskennallisista kokonaisuuksista ja käytetyistä lähtötiedoista ja oletuksista. Rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmän kokonaisuus on esitetty kuvassa 5. Rakennuksen elinkaaren aikaisen hiilijalanjäljen laskennan eri vaiheiden tarkempi kuvaus sekä elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset on esitetty kappaleissa 4.2.1–4.2.5.



Kuva 5. Rakennuksen hiilijalanjälkilaskennan kokonaisuus.

5.2.1 Tuotevaihe (A1-A3)

Rakennuksen keskeisimmät materiaalit ryhmiteltynä on esitetty taulukossa 4. Rakennusmateriaalin määrätiedot on kerätty FM-Hausilta ja määrätiedot perustuvat täysin rakentamisessa käytettyihin materiaalmääriin. Moduulit valmistetaan täysin säältä suojassa hallitilassa, joka mahdollistaa materiaalmäärän tarkan käytön, täten hukan määrää ei huomioitu rakennusvaiheessa.

Taulukko 4. Rakennuksen keskeisimmät materiaalit ryhmiteltynä.

Materiaaliryhmittymä	Materiaali
Maa-ainekset ja täyttömateriaalit	Hiekka, sora
Perustukset	Teräsbetoni
Puuelementit	Liimapuu, kertopuu
Muut puutavarat	Kuusi- ja mänty sahatavara, ulkoverhouslauta, OSB-levy ja koivuvaneri
Seinä-, eristys-, ja pintamateriaali (muu kuin puu)	Kivivilla, lasivilla, höyrynsulkumuovi, muovimatto, kipsilevy, tuulensuojalevy,
Pinnoitusmateriaalit, pakkausmuovi	Maali, LDPE
Ikkunat	Puu-alumiini ikkunat
Ovet	Puu- ja alumiinirakenteiset
Kattopinnoite	PVC-kate
Putkiosat viemäri ja ilmanvaihto	PVC-, PP-, PE putket, sinkittyteräsputki

5.2.2 Rakentamisvaihe (A4-A5)

Rakentamisvaiheen kuljetuksen hiilijalanjäljen arviointiin sisältyvät moduulien, perustuspalkkien ja maamassojen kuljetukset rakennustyömaalle. Rakentamisessa käytettyjen koneiden ja maansiirron osalta kulutustiedot perustuvat käytetyn kaluston ja kuormien laskennallisiin arvoihin. Moduulien kuljetusmäärät perustuvat primääridataan, jonka perusteella moduulien kuljetukseen on käytetty puoliperävaunuyhdistelmää (25 t) ja kahta ajokertaa. Täyttöasteeksi moduulien kuljetuksessa on oletettu 100 %, paluumatkan täyttöaste on 0 %. Tontille kuljetettavien maamassojen kuormien täyttöasteeksi oletetaan laskennassa 100 %, tontilta ei kuljetettu maamassoja pois. Maa-ainesten kuljettamisessa on käytetty oletuksena maansiirtoa autoa ilman perävaunua (19 t).

Rakennustyömaan energiankulutustietoihin sisältyvät moduulien rakentamiseen käytetty sähkö ja fossiiliset polttoaineet. Lämmitysenergiaa rakentamisessa ei kulunut, sillä moduulit rakennettiin kesällä. Energiankulutustiedot perustuvat FM-Hausin tuotantotiloissa mitattuihin energiankulutustietoihin. Rakentamisvaiheen A4-A5 laskennassa käytetyt tiedot ovat esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Rakentamisvaiheen (A4-A5) laskennassa käytetyt tiedot.

Toiminto	Kuvaus	Ajoneuvot	Määrä
Maantiekuljetukset	Hiekan ja soran kuljetukset Nousiainen välillä Takkulantie – Maskuntie	Maansiirtoajoneuvo	18 km
	TB-palkit välillä Loimaa Hirvikoskentie – Maskuntie Nousiainen	Puoliperävaunuyhdistelmä (25 t)	82 km
	Moduulien kuljetukset Pellilänkolmiontie Jokioinen – Maskuntie Nousiainen	Puoliperävaunuyhdistelmä (25 t) ja henkilöauto (diesel)	107,6 km
Kaivuutyö ja työmaa-asennus	Kaivinkone hiekan ja soran levitys	Pyöräkaivukone	45 h
	Nostin elementtien asennus	Nostin 160 t	8 h
Valmistuksen energiankulutus	Moduulien valmistukseen käytetty sähkö, vihreä sähkö	Sisältää valmistuksessa käytetyn laitteiston sähkön	12 056 kWh
	Lämpöä ei huomioida työ toteutettu kesällä ei lämmitystä		0 kWh
	Polttoöljy	Trukki	250 L
	Nestekaasu		20 Kg

5.2.3 Rakennuksen käyttövaihe (B1-B7)

Rakennuksen vähähiilisyyn arviointimenetelmään perustuen rakennuksen käyttövaiheessa rakennustuotteiden käytöstä aiheutuvia ilmastovaikutuksia, kuten laitteiden jäähdytysnesteiden päästöjä, ei huomioida (B1). Myöskään ylläpidosta (B2) aiheutuvia ilmastovaikutuksia ei huomioida, pois lukien rakennuksen maalaus, joka huomioidaan kohdassa korjaukset (B3). Laajamittaiset korjaukset (B5) arvioidaan omana elinkaariarvointina, eikä osana uudisrakennuksen elinkaariarviointia. Täten myös laajamittaiset korjaukset (B5) on jätetty tarkastelun ulkopuolelle.

Rakennuksen korjaukset ja osien vaihto (B3- B4)

Päiväkotirakennuksen on oletettu kestävä rungon ja perustusten osalta koko viidenkymmenen vuoden eliniän ajan ilman merkittävää korjausvaadetta normaalioloissa. Kuluvat osat ja niiden vaihtoarvio perustuvat rakennuttajan antamaan tietoon. Laskennassa huomioitavat kuluvat osat ovat; maalipinta ja ovet. Kuluvien osien vaihto toteutetaan kerran 50 vuoden aikana. Päiväkodin ulkoverhous on pintakäsitelty maalilla, joka oletetaan uusittavan kaksi kertaa päiväkodin elinkaaren aikana. Korvaavien osien ja maalin päästötaso, samoin kuin osien kierrätyksen päästötaso on oletettu nykypäivän päästötasoksi.

Käytön aikainen ostoenergia (B6)

Päiväkodin käytön aikainen ostoenergian (sähkö ja lämpö) on laskettu päiväkodin energiaselvityksestä. Energiankulutuksesta on poistettu laitesähkönkuluttama energia. Veden käytön vaikutusta (B7) ei huomioida arviointimenetelmän rajaukseen perustuen. Käytetyt ostoenergian kulutusarvot ovat esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Käytön aikainen ostoenergia vuotta kohden.

Ostetun energian muoto	Energia [MWh/a]
Sähkö: kiinteistö- ja taloussähkö	23,30
Lämmitys (tilat)	13,90
Jäähdytys	0

5.2.4 Rakennuksen purkuvaihe (C1-C4)

Rakennuksen purkuvaiheessa on huomioitu rakennuksen purkamisesta aiheutuneet vaikutukset, pois lukien maantäytön materiaalit, joiden oletetaan jäävän nykyiseen paikkaan. Päiväkodin purkamisen osalta huomioitiin kaksi eri purkujakeiden käsittelyskenaariota. Skenaariossa 1 päiväkodin rakennuttajalla on enemmän vaikutusvaltaa purkujätteiden käsittelyyn ja skenaariossa 2 purkujäte käsitellään nykytietoon perustuvalla tavalla. Taulukossa 7 on esitetty purkamisessa muodostuvat päämateriaalien massat molemmille skenaarioille.

Molemmissa skenaarioissa rakennuksen purkaminen toteutetaan nykytietoon perustuen tapahtuvan paikallisen koneiden ja tavanomaisen purkamiseen käytetyn laitteiston avulla. Käytetty purkukalusto molemmille skenaarioille on esitetty taulukossa 8. Osittain skenaariossa 1 ja täysin skenaariossa 2 purkujakeiden kuljetusten osalta oletuksena käytetään nykytilannetta kierrätysmateriaalin käsittelypaikasta. Purkujakeiden kuljetuksessa oletetaan käytettävän puoliperävaunurekkaa (25 t), täyttöaste 80 % täytenä, 0 % tyhjänä.

Taulukko 7. Rakennuksen purkamisessa muodostuvat päämateriaalit massoitain

Materiaali	Massa, [t]
Puu	41,8
Kipsilevy	18,8
Teräsbetoni	23,3
Muovi PVC	1,8
Muovi LDPE	0,024
Muovi PE	0,21
Muovi PP	0,33
Eristevilla	2,3
Lasi	0,9
Alumiini	0,4
Posliini	0,32
Talotekniikka	2,6
Teräs	0,6

Taulukko 8. Rakennuksen purkamisessa käytetty kalusto ja käyttäjät.

Purkukalusto	Työaika
Trukki	4 h
Repijä	34,5 h
Kaivinkone	34,5 h

5.2.5 Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset (D)

Oletus purkujakeiden hyödyntämistavasta ja hyödyntäjän sijainnista perustuu Winto Better World Oy:n ilmoittamiin hyödyntämisvaihtoehtoihin. Materiaalien kierrätys- ja hyödyntämisvaihtoehdot kehittyvät tulevaisuudessa, mutta tässä laskennassa on oletettu purkujakeiden käsittely vastaavasti kuin se nykytilanteessa Suomessa käsitellään. Purkujakeiden hyödyntämistavat skenaarioittain on esitetty taulukossa 9. Rakennuksen purkujakeiden massat skenaarioiden hyödyntämistavoittain on esitetty taulukossa 10 ja eriteltynä liitteen 1 taulukoissa 1 ja 2.

Materiaalikierrätykseen päätyvien jakeiden oletetaan korvaavan vastaavan neitseellisen materiaalin tuotantoa. Materiaalien uudelleenikäytön jakeiden oletetaan korvaavaan nykyhetkellä tuotettuja osia ja tuotteita. Korvaavien neitseellisten raaka-aineiden päästötaso, samoin kuin osien uudelleenikäytön ja kierrätyksen päästötaso on oletettu nykypäivän päästötasoksi. Jakeiden energiahyödynnyksellä, eli poltolla, tuotetun sähkön ja lämmön oletetaan korvaavan Suomen keskimääräistä sähkön- ja lämmöntuotantoa.

Taulukko 9. Rakennuksen purkujakeiden hyödyntäminen purkujakeittain.

Materiaali	Skenaario 1 Hyödyntämistapa	Skenaario 2 Hyödyntämistapa
Puu	Energiahyötykäyttöön (55 %) Uudelleenkäyttöön (45 %)	Energiahyötykäyttöön
Kipsilevy	Kierrätys	Kierrätys
Teräsbetoni	Uudelleenkäyttöön	Kierrätys (10 %) Maarakentaminen (90 %)
Muovi PVC	Energiahyötykäyttöön	Energiahyötykäyttöön
Muovi LDPE	Kierrätys	Energiahyötykäyttöön
Muovi PE	Kierrätys (45 %) Energiahyötykäyttöön (55 %)	Energiahyötykäyttöön
Muovi PP	Energiahyötykäyttöön	Energiahyötykäyttöön
Eristevilla	Kierrätys (95 %) Energiahyötykäyttöön (5 %)	Energiahyötykäyttöön
Lasi	Uudelleenkäyttöön	Energiahyötykäyttöön
Alumiini	Kierrätys	Kierrätys
Posliini	Uudelleenkäyttöön	Energiahyötykäyttöön
Talotekniikka	Kierrätys	Kierrätys
Teräs	Kierrätys	Kierrätys
Sekalainen purkujäte	Energiahyötykäyttöön	Energiahyötykäyttöön

Taulukko 10. Rakennuksen purkujakeiden massat skenaarioiden hyödyntämistavoittain.

Materiaali	Skenaario 1 massa, t	Skenaario 2 massa, t
Energiahyötykäyttö	21,2	47,7
Uudelleenkäyttö	47,5	0
Materiaalikierrätys	25,2	46,2

5.2.6 Hiilikädenjälki

Päiväkodille on laskettu rakennuksen hiilijalanjäljen lisäksi hiilikädenjälki. Hiilikädenjäljen määrittämisessä on huomioitu:

- Rakennusosien uudelleenkäytön tai materiaalien kierrätyksen kautta vältetyt kasvihuonekaasupäästöt (moduuli D). Moduuli D:n vältetyt kasvihuonekaasupäästöjen laskenta on kuvattu kappaleessa 5.2.5. Vältetyt kasvihuonekaasupäästöt ovat laskettu molemmille purkamisen skenaarioille.

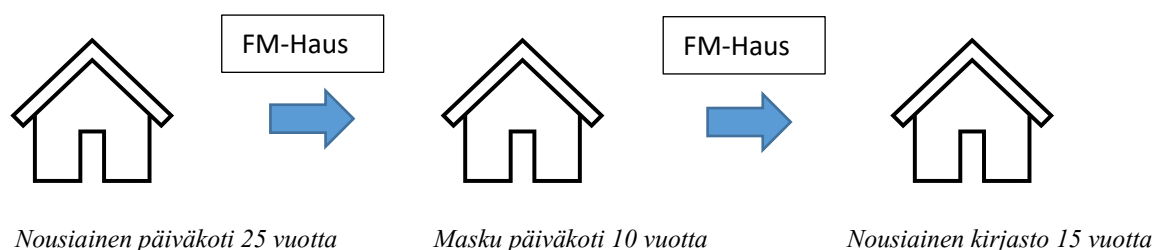
- Rakennusmateriaaleihin (puutuotteisiin) varastoitunut eloperäinen hiili (moduulit A–C) niille rakennusosille ja tuotteille, jotka ovat mukana rakennuksen materiaalien hiilijalanjäljen laskennassa. Laskentaan sisällytetty eloperäinen materiaali on kestävästi hoidetusta alkuperästä. Eloperäisen hiilien määräksi on oletettu 50 % puun kuivapainosta.

Hiilikädenjäljen laskennan ulkopuolelle on jätetty ylijäävä uusiutuva energia, koska päiväkotiei tuota ylijäävää uusiutuvaa energiaa toimitettavaksi sähkö- tai kaukolämpöverkkoon. Hiilikädenjäljen laskennan ulkopuolelle on myös jätetty sementtipohjaisten tuotteiden hiilinielut, sillä tuotteiden elinkaaren aikana ei toteuteta mahdollisia karbonisoitumisesta johtuvia korjauksia, jotka otettaisiin huomioon rakennuksen hiilijalanjäljen laskennassa.

5.2.7 Skenaariot

Päiväkodin elinkaarenaikainen hiilijalanjälki lasketaan arviointimenetelmän lisäksi yhdellä skenaariolla. Lisäksi päiväkodin purkuvaiheesta on muodostettu kaksi erillistä purkuskenaariota. Purkuskenaariot ovat esitetty kappaleissa 4 ja 5.2.5.

Päiväkodin elinkaarenaikaisen hiilijalanjäljen skenaariotarkastelu on luotu moduulirakenteisen rakennuksen rakennusluvan ehtojen tarkasteluun liittyen. Tarkastelun päästöjen ja sitoutuneen eloperäisen hiilen allokointi kohdennetaan tuotevaiheeseen (A1-A3). Skenaariotarkastelussa Nousiaisten päiväkotia toimii päiväkotina 25 vuotta. Tämän jälkeen päiväkotia siirretään Maskuun päiväkodiksi 10 vuoden ajaksi. Lopulta rakennus siirretään Nousiaisiin takaisin kirjastoksi (kuva 6).



Kuva 6. Modulaarisen päiväkodin käyttö ja liikkuminen 50 vuoden aikana.

Toiminnallisten muutosten välissä modulaariselle rakennukselle tehdään tarvittavat rakenteelliset muutokset siten että rakennus siirretään FM-Hausin tiloihin tarvittavia muutoksia varten ja tämän jälkeen rakennus kuljetetaan uuteen käyttökohteeseen. Moduulien siirto rakenteelliseen muokkaukseen eli FM-Hausin toimipisteeseen oletetaan kuuluvan nykyisen käyttökohteen hiilijalanjälkilaskennan osioon C2 purkuvaiheen kuljetukset. Siirto rakenteellisten muokkauksen jälkeen uuteen käyttökohteeseen on oletettu uuden käyttökohteen hiilijalanjälkilaskennan osioon A4 kuljetukset työmaalle. Kuljetusten ja purkamiseen liittyvien toimintojen kohdentuminen käyttökohteille on esitetty taulukossa 11.

Taulukko 11. Päiväkodin käyttökohteskenaarioiden tarkasteluun liittyvien työkalujen ja kuljetusten kohdentaminen kohteittain.

Toiminto	Kuvaus	Ajoneuvot	Nousiainen päiväkotia määrä	Masku päiväkotia määrä	Nousiainen kirjasto määrä
Maantiekuljetukset	Hiekan ja soran kuljetukset	Maansiirtoajoneuvo	18 km	Ei huomioida	Ei huomioida
	TB-palkit	Puoliperävaunu-yhdistelmä (25 t)	82 km	4 km	4 km
	A4 Moduulien kuljetukset uudelleen asennukseen	Puoliperävaunu-yhdistelmä (5 t) ja henkilöauto	107,6 km	103,6 km	107,6 km
	C2 Moduulien kuljetukset muokkaukseen ja huoltoon	Puoliperävaunu-yhdistelmä (5 t) ja henkilöauto	107,6 km	103,6 km	Lopullinen purku kpl 4.3.4 skenaarion 2 mukaisesti
Kaivuutyö	Kaivuutyö	Pyöräkaivukone	45 h	8 h	8 h
Työmaa: asennus	Nostin: elementtien asennus	Nostin 160 t	8 h	8 h	8 h

<i>Työmaa: purku</i>	<i>Nostin: elementtien purku</i>	<i>Nostin 160 t</i>	<i>4 h</i>	<i>4 h</i>	<i>Lopullinen purku kpl 4.3.4 skenaarion 2 mukaisesti</i>
<i>Valmistuksen energiankulutus</i>	<i>Moduulien valmistukseen käytetty sähkö</i>	<i>Sisältää valmistuksessa käytetyn laitteiston sähkön</i>	<i>12 056 kWh</i>	<i>12 056 kWh</i>	<i>12 056 kWh</i>
	<i>Lämpöä ei huomioida työ toteutettu kesällä ei lämmitystä</i>		<i>0 kWh</i>	<i>0 kWh</i>	<i>0 kWh</i>

Modulaariselle rakennukselle tehtävät tarvittavat rakenteelliset muutokset käyttökohteittain rakennuksen päämateriaaleittain on esitetty taulukossa 12.

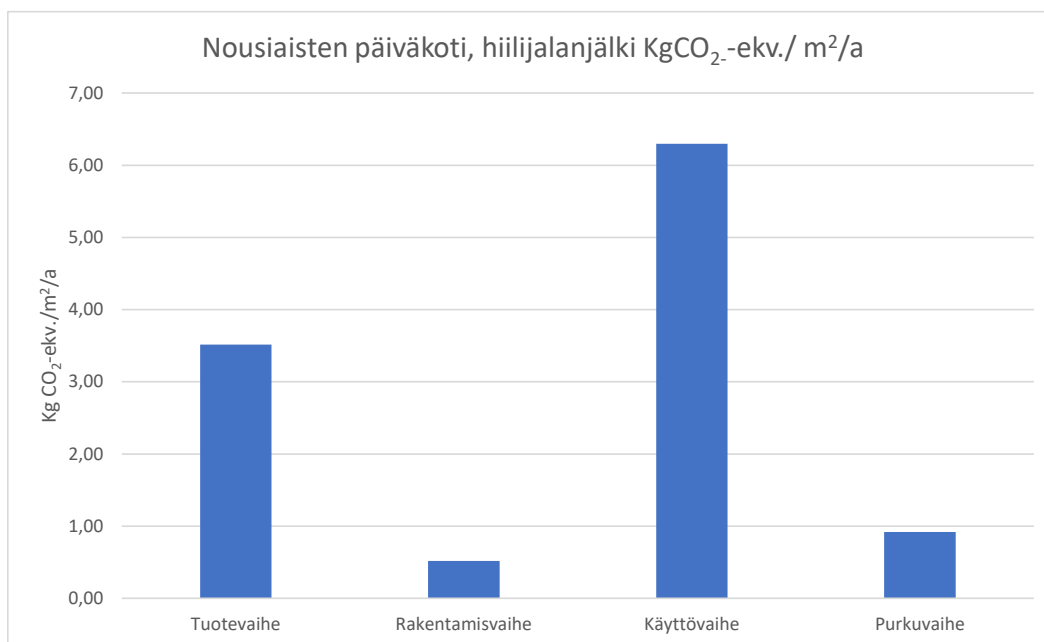
Taulukko 12. Modulaariselle rakennukselle tehtävät tarvittavat rakenteelliset muutokset käyttökohteittain ja päämateriaaleittain.

Materiaali	Masku päiväkot	Nousiainen kirjasto
<i>Puu</i>	<i>Ei muutosta</i>	<i>Ei muutosta</i>
<i>Kipsilevy</i>	<i>Purkuun 50 jm</i>	<i>Uusiminen 20 jm</i>
<i>Eristevilla</i>	<i>Purkuun 50 jm</i>	<i>Uusiminen 20 jm</i>
<i>Muovimatot</i>	<i>Puretaan</i>	<i>Pintojen vaihto</i>
<i>Laaka-ovet</i>	<i>Puretaan puolet</i>	<i>Ei muutosta</i>
<i>Ulko-ovet</i>	<i>Ei muutosta</i>	<i>Vaihto 40 vuotta käyttöikä</i>
<i>Ikkunat</i>	<i>Ei muutosta</i>	<i>Ei muutosta</i>
<i>Muovi LDPE (pakkaus)</i>	<i>Huomioidaan</i>	<i>Huomioidaan</i>
<i>Kiintokalusteet</i>	<i>Ei muutosta</i>	<i>Ei muutosta</i>
<i>Talotekniikka</i>	<i>Ei muutosta</i>	<i>Ei muutosta</i>
<i>Maali</i>	<i>Ei muutosta</i>	<i>1 kerran maalaus</i>

5.3 Vaikutusarviointi

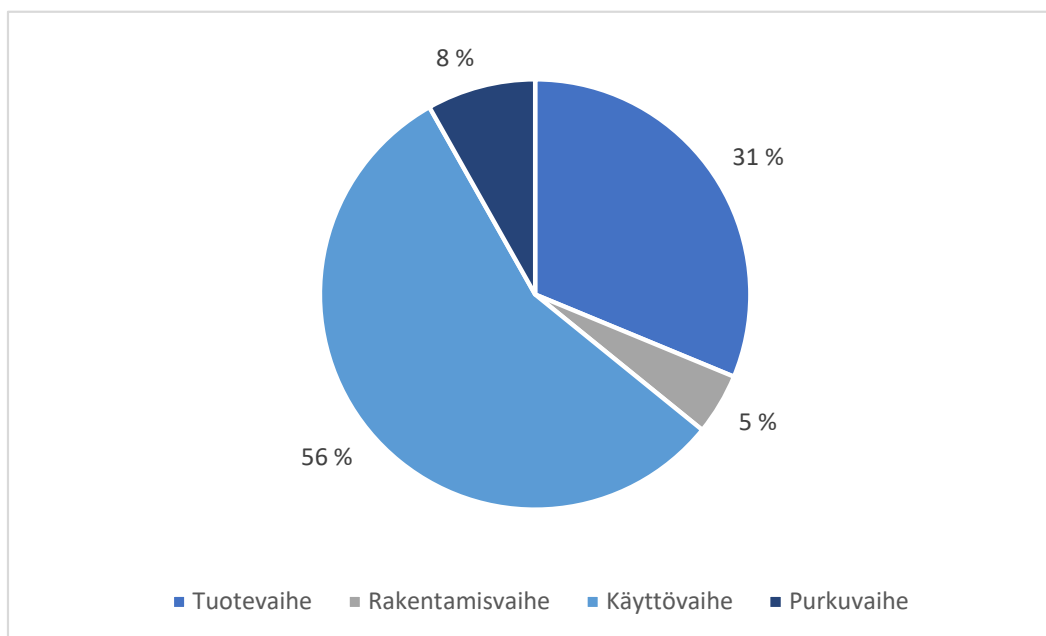
Tässä luvussa esitetään ympäristövaikutusarvioinnin tulokset, eli Nousiainen päiväkodin hiilijalanjälki. Lisäksi on esitetty elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset, moduuli D ja rakennuksen hiilikädenjälki, sekä käyttökohteen skenaariotarkastelun vaikutusten tulokset.

Kuvassa 7 on esitetty rakennuksen elinkaaren aikaisten päästöjen jakauma tuotevaiheen (A1-A3), rakentamis- (A4-A5), käyttö- (B1-B7) ja purkuvaiheen (C1-C4) kesken.



Kuva 7. Nousiaisten päiväkodin hiilijalanjälki.

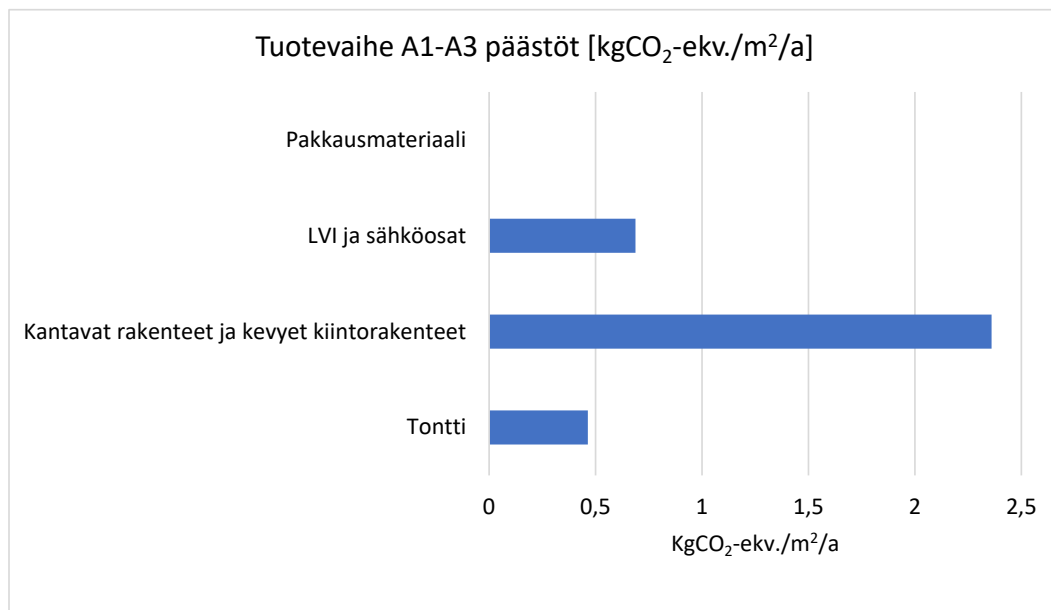
Päiväkodin suurimmat päästöt aiheutuvat käyttövaiheen energiankäytöstä (B6), joka muodostaa kokonaispäästöstä reilut 57 %. Tuotevaiheen (A1-A3) päästöjen osuus on noin 31 %, purkuvaiheen päästöt ovat 7 % ja rakentamisvaiheen (A4-A5) päästöjen osuus 5 % kokonaispäästöistä (kuva 8).



Kuva 8. Nousiaisten päiväkodin päästöjen prosentuaalinen jakautuminen

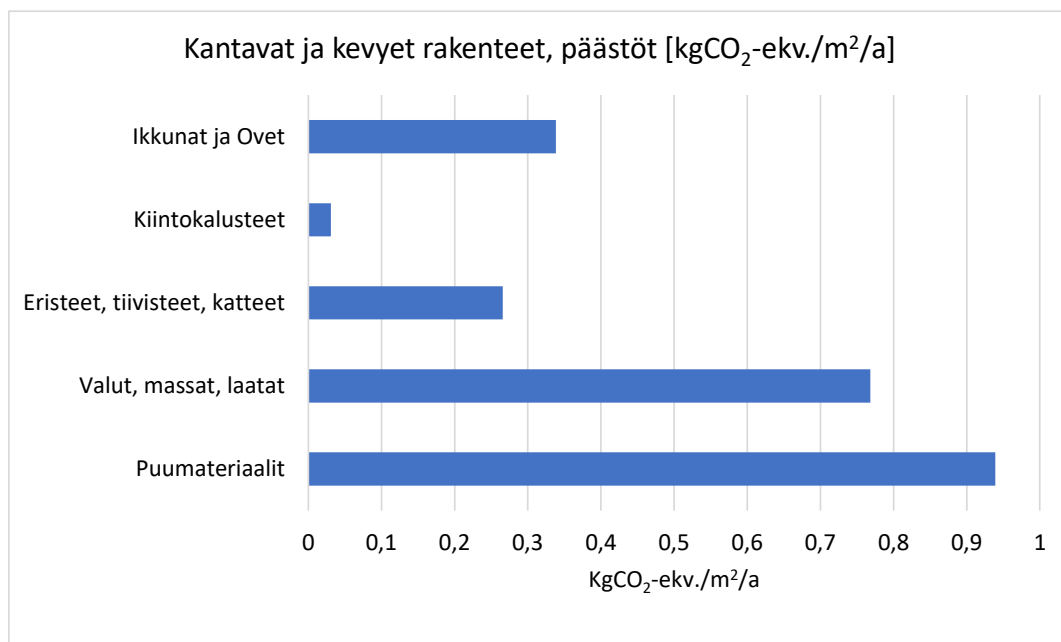
Tuotevaiheen hiilijalanjälki

Alla (kuva 9) on eritelty tuotevaiheen eri materiaalityyppien aiheuttamat päästöt (KgCO₂-ekv./m²/a). Päästöistä 67 % aiheutuu kantavista rakenteista ja kevyistä kiintorakenteista.



Kuva 9. Tuotevaiheen materiaalityyppien aiheuttamat päästöt.

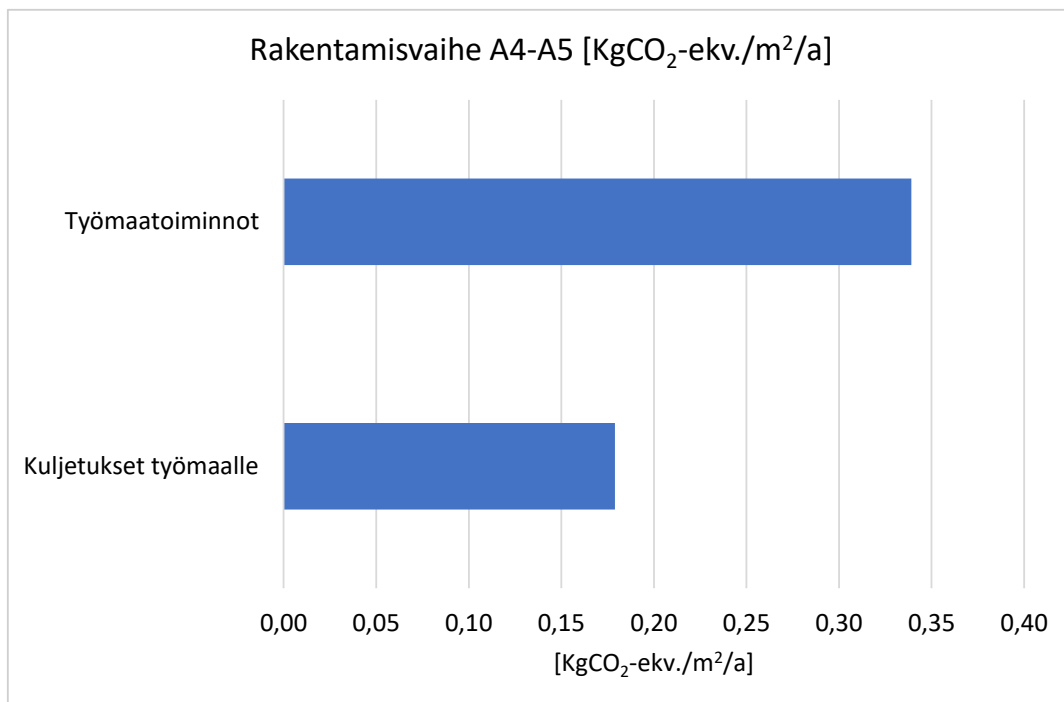
Tarkasteltaessa kantavien rakenteiden ja kevyiden kiintorakenteiden päästöjä havaitaan, että puumateriaaleista aiheutuu 40 % päästöt, toinen merkittävä päästökokonaisuus on valut, massat, laatat 35 % osuudella (kuva 10).



Kuva 10. Kantavien ja kevyiden rakenteiden aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt materiaalityyppien aiheuttamat päästöt.

Rakentamisvaiheen hiilijalanjälki

Alla (kuva 11) on esitetty rakennusvaiheen päästöjen jakautuminen rakentamisvaiheessa.

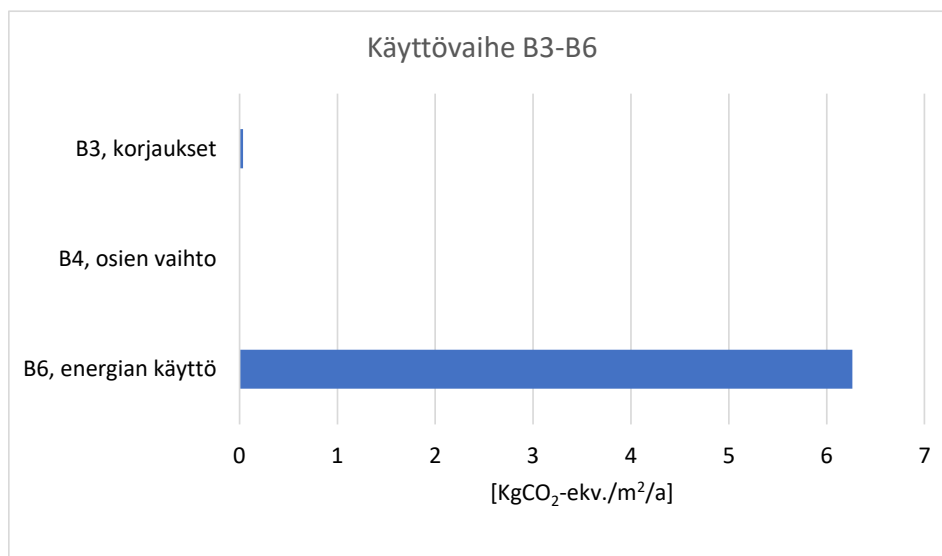


Kuva 11. Rakentamisvaiheen päästöt.

Vaikka rakentamisvaiheen päästöjä alentaa tuotannossa käytetty vihreä sähkö, joka on aurinkoenergiaa, aiheutuu työmaatoiminnoista 31 prosenttiyksikköä suuremmat päästöt kuin kuljetuksista työmaalle. Tähän vaikuttaa työmaalla käytetyt koneet ja muut fossiiliset polttoaineet.

Käyttövaiheen hiilijalanjälki

Alla (kuva 12) on esitetty rakennuksen käyttövaiheen päästöt.

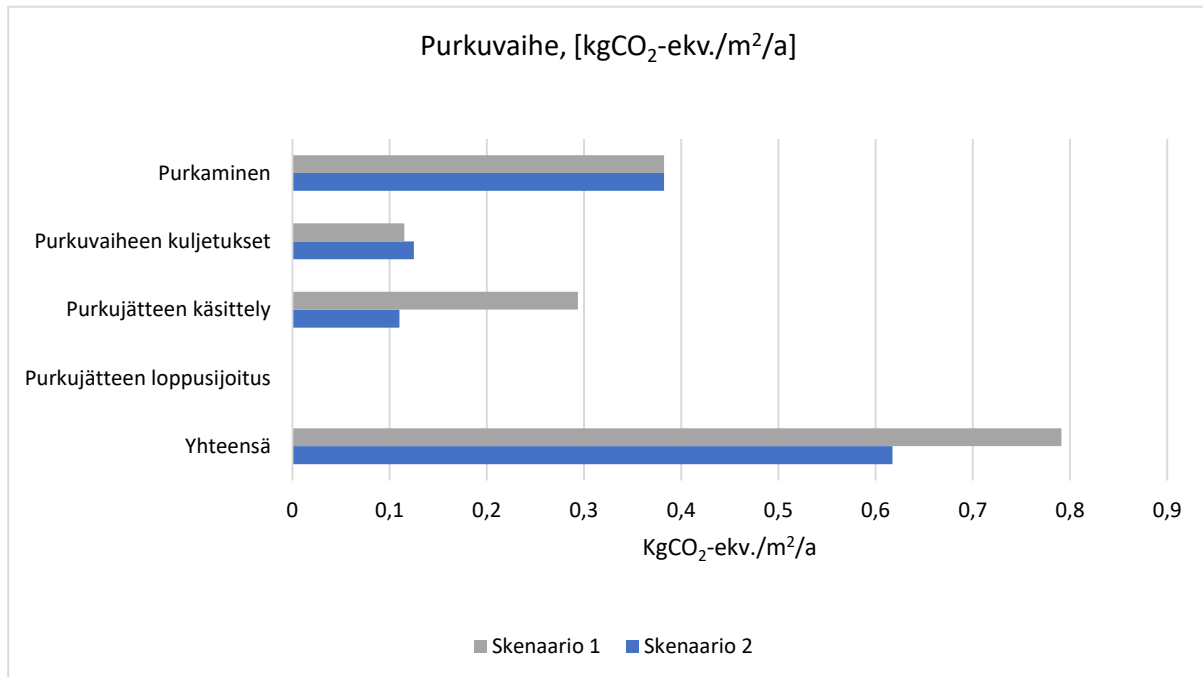


Kuva 12. Käyttövaiheen päästöt

Energiankäytöllä on merkittävin vaikutus käyttövaiheen päästöihin. Rakennuksen valmistumisen jälkeen rakennuksen hiilijalanjälkeä voidaan pienentää käyttäjän osalta kiinnittämällä huomiota rakennuksen energian käyttöön, sekä hyödyntämällä uusiutuvan energian muotoja rakennuksen energiankäytössä.

Purkuvaiheen hiilijalanjälki

Alla (kuva 13) on esitetty rakennuksen purkuvaiheen päästöt molemmille purkuvaiheen skenaarioille.



Kuva 13. Purkuvaiheen päästöt.

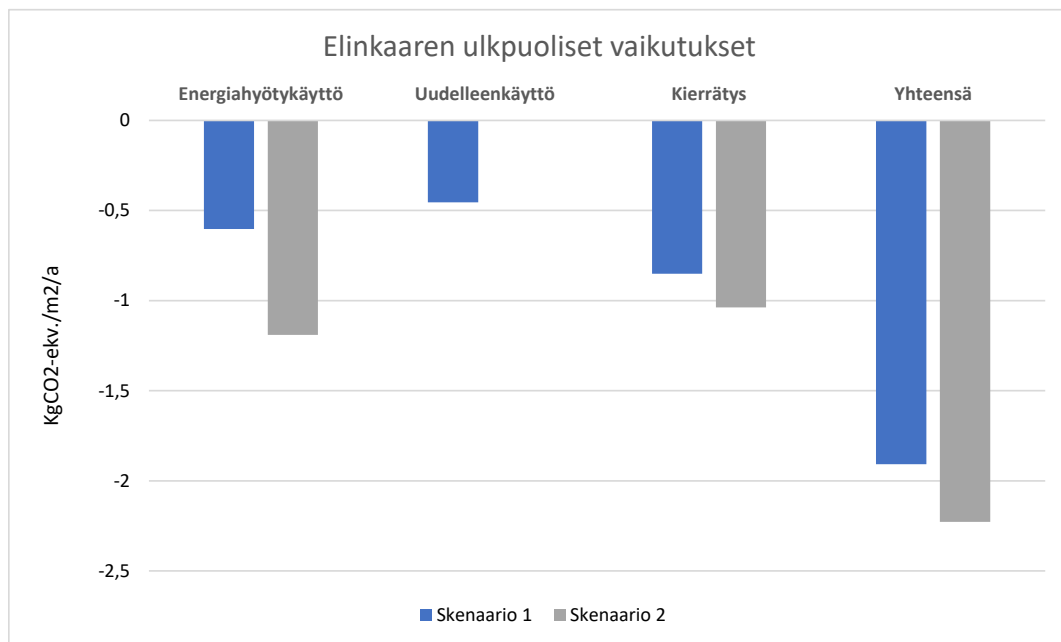
Purkuvaiheessa itse rakennuksen purkamisen aiheuttaa suurimmat päästöt. Purkuvaiheessa tapahtuvien kuljetusten ja purkujätteen käsittelyn uudelleenkäyttöä, hyödyntämistä tai kierrätystä varten ei aiheudu itse purkamiseen verrattuna suuria päästöjä. Rakennuksessa käytetyt materiaalit pyritään hyödyntämään ja käsittelemään mahdollisimman lähellä jätteen syntypaikkaa.

Purkuskenaarion 2 päästöt ovat selvästi suuremmat kuin skenaarion 1, jossa purkujakeita ohjautuu takaisin uudelleenkäyttöön. Purkuskenaariossa kaksi uudelleenkäytön materiaalit ohjautuvat pääosin polttoon, kasvattaen sekajätteen polton päästöjä. Purkamisen päästöt aiheutuvat purkamisessa käytetyistä työkaluista, joiden oletetaan käyttävän fossiilisia polttoaineita nykyhetken tietoihin perustuen.

Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset

Rakennuksen elinkaaren ulkopuolisia lisätietoja sisältävässä informaatiomodulissa D huomioidaan purkuvaiheen ja niistä mahdollisesta saatavat hyvitykset (kuva 14). Hyvitykset lasketaan nettovaikutuksina perustuen rakennuksen purkamisesta muodostuneiden materiaalien jakautumisesta uudelleenkäyttöön, hyötykäyttöön ja materiaali kierrätykseen.

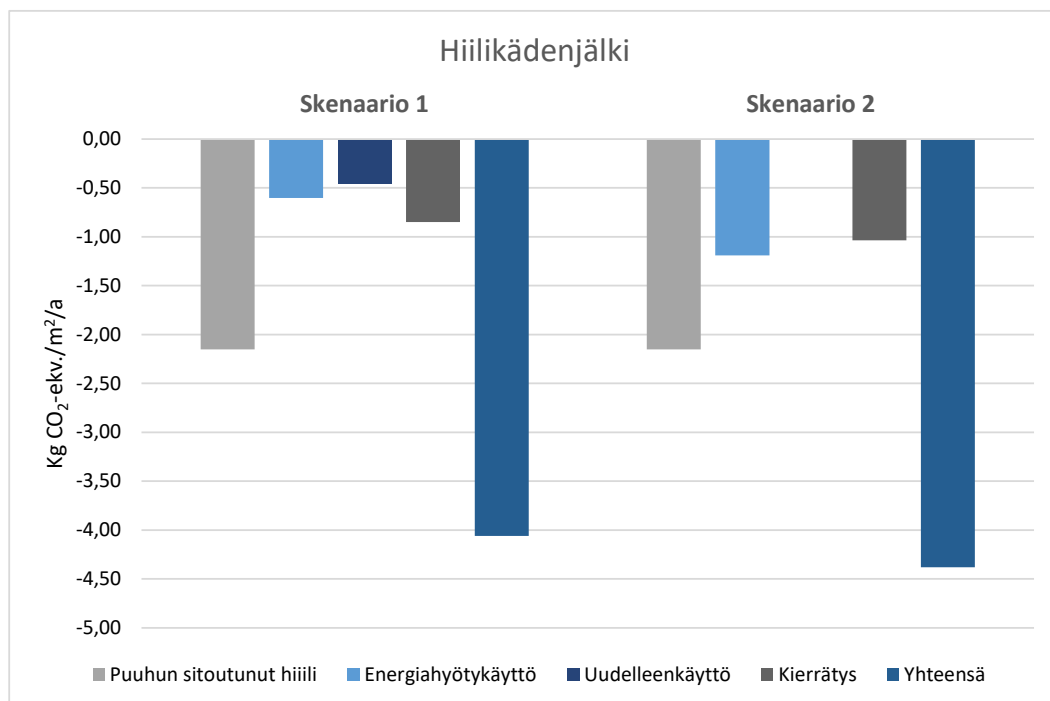
Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset eli hyödyt ovat suuremmat skenaariossa 2. Tämä johtuu siitä, että noin puolet muodostuneesta purkujakeesta ohjataan energiahyötykäyttöön, materiaalin uudelleenkäytön sijaan. Laskettaessa hyvitystä energiahyötykäytölle, korvataan Suomen keskimääräistä sähkön ja lämmön tuotantoa hyödyntäen nykyhetken Suomen keskimääräisen sähkön- ja lämmöntuotannon päästökertoimia. Koska kuitenkin Suomen keskimääräisen sähkön- ja lämmöntuotannon päästökertoimien voidaan olettaa alenevan merkittävästi tulevaisuudessa, energiahyödyntämisen hyöty heikenee tulevaisuudessa verrattaessa siihen, että materiaalia ohjattaisiin uudelleenkäyttöön.



Kuva 14. Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset.

Hiilikädenjälki

Elinkaaran ulkopuolisten vaikutusten lisäksi rakennukselle laskettiin hiilikädenjälki molempien purkuskenaarioiden mukaan (kuva 15).



Kuva 15. Päiväkodin hiilikädenjälki.

Puuhun sitoutuneen hiilen osuus on merkittävin, kun tarkastellaan moduuli D osioita erikseen. Tarkasteltaessa moduulin D kokonaisuutta ja puuhun sitoutunutta hiiltä keskenään, havaitaan että molemmat kokonaisuudet ovat

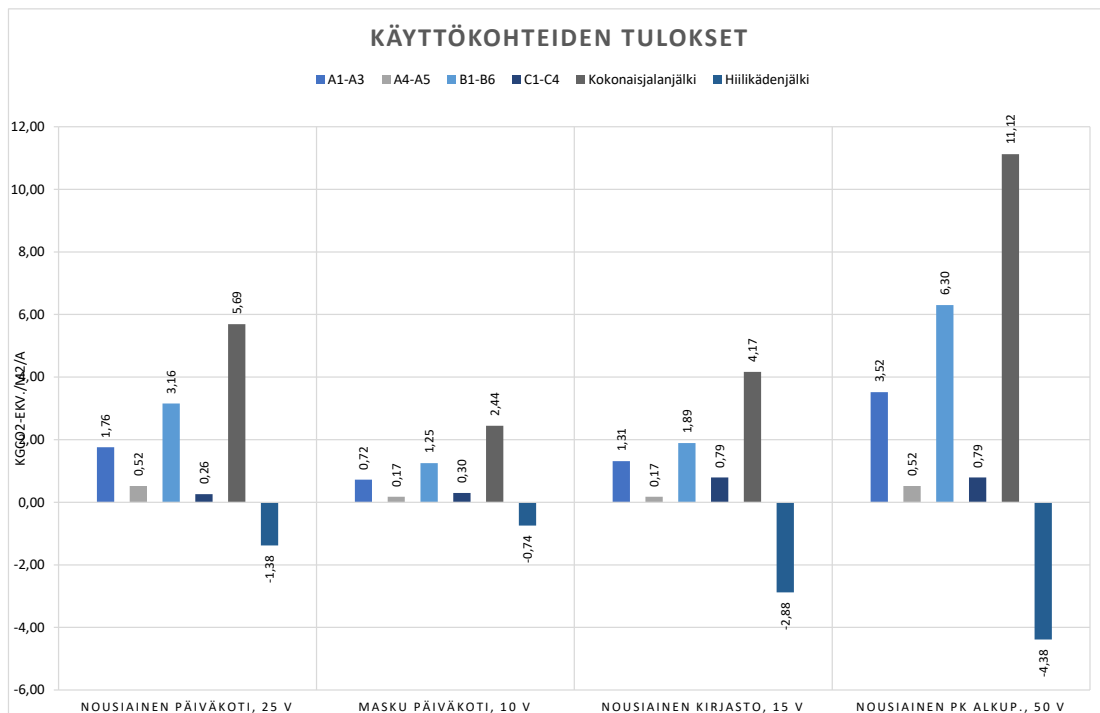
lähes yhtä suuret. Rakennuksen hiilijalanjälki on 8 % enemmän purkuskenaariossa 2 kuin purkuskenaariolla 1. Tämä johtuu tekijöistä, jotka ovat esitetty kappaleessa ”elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset”.

5.4 Tulosten tulkinta - herkkyystarkastelu

Voimassa oleva arviointimenetelmä ei ota kantaa modulaarisen rakennuksen hiilijalanjäljen laskentaan silloin kun rakennuksella on tarkasteluajanjakson aikana useampi käyttötarkoitus, toisin sanoen rakennus siirretään toiseen tai useampaan käyttökohteeseen 50 vuoden tarkasteluajanjakson aikana. Siirto tapahtuu siten että rakennusta kohdellaan uudisrakennuksena, joka tarkoittaa, että siirron yhteydessä kohteelle tulee laatia rakennuslupa ja täten arviointimenetelmän mukaisesti laskea hiilijalanjälki.

Edellä olevasta johtuen, selvityksessä on toteutettu erillinen skenaariotarkastelu tuottamaan tietoa siihen, miten rakennuksen hiilijalanjälki muuttuu, kun rakennusta käytetään useammassa käyttötarkoituksessa ja lokaatiossa tarkasteluajanjakson aikana. Rakennuksen elinkaaren osalta on luotu skenaario, jossa päiväkoti toimii Nousiaisten päiväkotina 15 vuotta. Tämän jälkeen päiväkoti siirretään Maskuun päiväkodiksi 10 vuoden ajaksi. Lopulta rakennus siirretään Nousiaisiin takaisin kirjastoksi 15 vuoden ajaksi. Skenaariotarkastelussa käyttökohteille on muodostettu käyttövuoteen perustuvat allokatiokertoimet. Kertoimia on käytetty allokoidessa tuotevaiheen (moduuli A1-A3) muodostuneet kasvihuonekaasupäästöt ja rakennusmateriaaleihin varastoituneen eloperäisen hiilen allokatiiossa skenaarion mukaisille käyttökohteille. Moduulien A4-A5, B1-B6 ja C1-C4 aikaiset päästöt ovat kohdennettu kohteille kappaleen 4.3.7 mukaisesti. Rakennus puretaan viimeisen käyttökohteen jälkeen purkuskenaariossa 2 mukaisesti.

Kuvassa 16 on esitetty kohteiden moduuli- ja kokonaishiilijalanjäljet, hiilikädenjäljet, sekä verrannollisena lukuna kuvaan on liitetty alkuperäisen laskelman mukainen hiilijalanjälki, eli se hiilijalanjälki, joka lasketaan arviointimenetelmällä 50 vuoden käyttöiällä



Kuva 16. Käyttökohteiden hiilijalanjälki

Rakennuksen kohdekohtaisella käyttöiällä on merkitystä päästöjen muodostumiseen, etenkin silloin kun modulaariseen rakennukseen tehtävät muutokset ovat vähäisiä. Kun rakenteelliset muutokset ovat vähäisiä, korostuu rakennuksen käytön (moduulit B1-B6) päästöjen merkitys vastaavasti kuten arviointimenetelmän toteutetussa

rakennuksen hiilijalanjäljessä. Vähäiset rakenteelliset muutokset kuvastavat myös modulaarisen rakennuksen ominaisuuksia ja etuja, eli pienillä sisärakenteiden muutoksilla modulaarinen kohde voidaan muuntaa helposti toiseksi käyttökohteeksi.

Kokonaisuudessaan rakennuksen muuntaminen ja siirtäminen lisää kuljetusten, pienten rakenteellisten muutosten, sekä purkamisen verran päästöjä, verrattaessa siihen, että päiväkotit olisi paikallaan 50 vuotta. Toisaalta samalla runkorakenne ja merkittävä osa sisärakenteista soveltuu sellaisenaan kahteen muuhun käyttökohteeseen, jolloin sekä Maskun päiväkodin että Nousiaisten kirjaston osalta neitseellisen rakennusmateriaalin käyttö rakennusten rakentamisessa voidaan välttää.

Hiilikädenjäljen osalta elinkaaren ulkopuoliset hyödyt (moduuli D) siirtyvät tässä tarkastelussa täysin viimeiseen kohteeseen eli Nousiaisten kirjastoon. Tämä johtuu siitä, että rakennuksesta puretaan suhteellisen vähän siirtovaiheessa, ja moduulit siirretään kokonaisina uusiin käyttökohteisiin. Tämä on yksi moduulirakenteisten rakennusten merkittävimmistä hyödyistä.

Herkkyystarkastelu kokonaisuudessaan osoittaa arviointimenetelmän ohjeistuksen tarkentamisen tarpeen modulaarisen päiväkodin kokonaishiilijalanjäljen laskennassa. Mikäli kohteelle tulee laskea 50 vuoden käyttöiällä hiilijalanjälki, rasittaa raja-arvo asetukset ensimmäistä kohdetta, sillä seuraaville käyttökohteille ei tuplalaskennan välttämiseksi voida runko- ja kantavien rakenteiden päästöjä laskea. Kuitenkin tässä tarkastelussa käytetyt Maskun päiväkotit, sekä Nousiaisten kirjasto ovat rakennusluvan alaisia kohteita, jolloin niille tulisi laskea hiilijalanjälki asetettujen tavoitteiden mukaisesti. Tässä laskennassa on esitetty herkkyystarkastelu yhden allokatiomenettelyn, käyttövuosien, vaikutus laskentakohteen hiilijalanjälkeen. Päästöjen allokointi käyttövuosien perusteella voisi olla perusteltu tapa silloin kun julkinen toimija (kunta/kaupunki) on pohtinut rakennuksen käyttöä esimerkiksi muuttuneessa väestötilanteessa ja laatinut rakennukselle käyttökohdesuunnitelmia. Tällöin arviointimenetelmän kehittäminen modulaaristen rakennusten hiilijalanjäljen laskennan osalta kannustaisi myös julkisia toimijoita tehokkaampaan rakennusten käytön suunnitteluun.

6. Muovin käytön vähentäminen puumoduulirakentamisessa

Muovin käytön vähentämiseksi puumoduulissa oli tarkoitus tehdä insinööritutkimus. Tunnistetuista potentiaalisista korvattavista materiaaleista kuten höyrysulkumuoveista, lattiamatoista ja katemateriaaleista oli tarkoitus tehdä toimittajakartoitus, jonka perusteella olisi tehty vertailu materiaalien käyttökelpoisuudesta ja biopohjaisten materiaalien hyödyistä moduulin uudelleenkäytölle ja kierrätettävyydelle. Koska työtä ei voitu toteuttaa oppilastyönä HAMK:n kanssa, muovin käytön tarkastelu tehtiin omana työnä. Tarkastelu rajattiin koskemaan käytössä olevia korvaavia vaihtoehtoja ja niiden käytön mahdollisuutta.

Materiaaliluettelon perustella merkittävimmät muovimäärät rakennuksessa ovat höyrysulkumuovit, lattiamatot ja PVC-katteet. Putkistot ja rakennusosat jätettiin tarkastelun ulkopuolelle. Koonti korvaavista tuotteista ja niiden käyttöominaisuuksista on esitetty taulukossa 13.

Höyrysulkumuoville korvaavia rakenteita on olemassa esimerkiksi CLT-levyn ja paisuntanauhan kanssa, mutta tämäkään ratkaisu ei ole täysin muovivapaa. Sellusta valmistettua höyrysulkumuovia ei ole vielä tuotteena millään sellun valmistajalla. Kun rakennus eristetään kuitueristeellä, höyrysulkumuovi on pakollinen. Lattiamatoissa muovin etuna on kulutuskestävyys sekä sopivuus moduulirakentamiseen. Asiakkaan tarpeen mukaan materiaalina voidaan käyttää täysin muovivapaata vaihtoehtoa, mutta se tuo lisäkustannuksia. PVC-Katemateriaalien korvaamisessa on samankaltaisia ongelmia kuten höyrysulkumuovissa. Korvaavat tuotteet, joilla olisi pienempi hiilijalanjälki, eivät suoraan sovellu moduulirakentamiseen, eivätkä ole hiilivapaita vaihtoehtoja muovin tai teräksen käytön vuoksi.

Tehdyn kartoituksen pohjalta voitiin todeta muovin käytön olevan tarpeellista, kunnes korvaava tiivis ja hiiltä vähemmän vapauttava materiaali pystyy sen korvaamaan. Muovin kierrätysosuuden kasvattaminen on tällä hetkellä paras vaihtoehto rakennuksen elinkaaren kannalta.

Käytetty materiaali	Nykyinen tuote	Korvaava tuote	Käyttöominaisuudet
Höyrynsulkumuovi	Rankarunkoinen seinä, 0.2 mm höyrynsulkumuovi	CLT-levyseinä, saumojen tiivistys Hydrotite työmaanauhalla	CLT-levy on ristiinliimattu, vahva, jäykkä, kevyt, hengittävä ja ympäristöystävällinen. Hydrotite-nauha on kumivalmisteinen, liukenematon ja murenematon vedentiivistysnauha.
Lattiamatto	Polyfloor prestige -muovimatto	Lankkulattia	Varaa lämpöä, sitoo ja luovuttaa kosteutta, kestävä ja monipuolisesti kunnostettavissa.
		Parketti	Kestävä, kosteutta hyvin sietävä, helposti asennettava ja miellyttävä pinta.
		Tekstiilimatto	Pehmeä, lämmin, äänieristävä, akustinen, lämpöeristävä ja helposti asennettava.
PVC-kate	Protan 1.6 mm pvc-yksikerroskate	Peltikate	Helppohoitoinen, kevyt, kestävä, vedenpitävä ja helposti asennettavissa.
		Viherkatto	Sitoo vettä, suojaa rakenteita, lämpö- ja äänieristävä.
		Bitumihuopa	Hiljainen, joustava, kevyt, helposti asennettava ja kestävä.

7. Rakennuksen elinkaaren pidentäminen

Rakennuksen elinkaarta on mahdollista pidentää eri keinoin. FM-Hausin toimintaa ohjaavat ilmastonmuutos, kestävä kehitys, elinkaariajattelu ja sosiaalinen kestävyys, ja tavoitteena on kertakäyttörakentamisen lopettaminen. Terveellisyyttä ja turvallisuutta rakennuksissa edistää IoT:n hyödyntäminen rakennusten hyvinvoinnin ja terveyden mittaamisessa, mitatun datan analysointi sekä toiminnan kehittäminen kerätyn tiedon pohjalta FM-Haus on aloittanut parhaiden teknisten vaihtoehtojen kartoittamisen. Lisäksi mietitään tärkeimpiä mitattavia parametrejä moduulien seurantaan. Tässä tehdään yhteistyötä mm. Hämeen ammattikorkeakoulun biotalouden ICT-insinööriopiskelijoiden kanssa.

Moduulien hyvinvoinnin seurantaan on valittu TvinGuard -olosuhdeanturit, jotka mittaavat lämpötilaa ja kosteutta. Antureiden avulla on mahdollista ehkäistä kuljetuksen, asennuksen ja käytön aikana mahdollisia vesivahinkoja ja estää jopa tulipaloja. Pitkän seurannan avulla voidaan analysoida lämpötilan ja kosteuden vaikutusta talon hyvinvointiin ja koko elinkaareen. Tavoitteena on käyttää mitattua tuotekehitykseen ja toiminnan kehittämiseen sekä tuottaa tietoa, joka tukee puurakentamisen tunnettuutta. Anturien avulla voidaan välttää esimerkiksi kosteusvaurioista syntyvää haittaa ja vaaraa ihmisille, ympäristölle ja taloudelle.

TvinGuard -antureita toimittaa suomalainen ICT-palveluyritys Integral Oy. Laite toimii ilman verkkovirtaa pitkäkestoisella akulla, mikä mahdollistaa seuraamisen myös kuljetuksen aikana. Laite käyttää Sigfox -verkkoa, jonka peittoalue on Suomessa hyvä ja laajenee koko ajan. Laitteessa itsessään on lähetin, jolloin erillistä yhdyskäytävää (gateway) ei tarvitse asentaa. Anturit asennetaan hallissa moduulien katon ja lattian sisään, jolloin on mahdollista seurata moduulin olosuhteita myös kuljetuksen aikana. Akku kestää viisi vuotta ja ne niiden vaihto tehdään FM-Hausin toimesta, jolloin ne myös kierrätetään turvallisesti.

Lämpötilan ja kosteuden seurannassa käytetään pilvipohjaista FoxerIoT-alustaa, jonne antureiden mittaama data tallentuu. FoxerIoT antaa hälytyksen puhelimeen, mikäli kosteuden tai lämpötilan arvot poikkeavat asetetuista raja-arvoista. Mikäli FoxerIoT antaa hälytyksen, asennuspäällikkö vastaa tilanteen korjaamisesta tarvittaessa menemällä paikan päälle. Näin rakennusta voidaan huoltaa ennakoiden, kasvattaa sen käyttöikää ja varmistaa moduulien uudelleenkäyttökelpoisuus.

8. Hankkeen tulokset

Hankkeen tavoitteena oli tuottaa tietoa puumoduulirakentamisen elinkaaren aikaisista kiertotalousvaikutuksista puumoduulirakentamisen lisäämiseksi rakentamisessa. Tietoa tuotettiin hankkeen tavoitteiden mukaisesti elinkaarilaskennalla, rakennusmateriaalien uudelleenkäytön ja kierrätyksen arvioinnilla sekä tarkastelemalla mahdollisuuksia muovimateriaalin korvaamiseksi tuotteissa tehokkaammilla ja kestävämmillä materiaaleilla. Yleisellä tasolla haluttiin arvioida sisäilmaongelmien ratkaisuun liittyviä toimia moduulirakentamisessa sekä puumoduulirakentamisen elinkaarimallin kiertotaloushyötyjä.

Keskeisimmäksi osaksi hanketta muodostui elinkaarilaskenta, jonka pohjana käytettiin myös rakennusmateriaalien uudelleenkäytön ja kierrätyksen arviointi. Myös muut osat hanketta tulivat arvioituksi yleisellä tasolla, joten hankkeen voidaan kokonaisuudessaan arvioida toteutuneen suunnitelman mukaisesti. Ainoa varsinainen poikkeama oli HAMK:n jääminen sivuun työn toteutuksesta muovien käytön arvioinnissa. Synnä tähän oli hankkeen aikataulutusta suhteessa opiskelumuoduihin.

9. Hankkeen vaikuttavuus

Hankkeen tuloksia on mahdollista hyödyntää muuntojoustavuuden, kiertotalouden ratkaisujen, elinkaariajattelun ja puurakentamisen edistämiseksi, mikä oli hankkeen päätavoitteena. Hankkeen vaikuttavuus puumoduulirakentamisen edistämiseen riippuu myös siitä, miten hankkeen tuloksia hyödynnetään ympäristöministeriön ”Rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmän” kehittämiseen paremmin soveltuvaksi modulaarisen rakennuksen hiilijalanjälkilaskentaan. Jos modulaarisuutta ei huomioida osana laskentaa, tulokset eivät kannusta esimerkiksi kuntia ottamaan puumoduulirakentamista huomioon omissa rakentamisen hankinnoissaan osana ilmastoystävällisiä hankintoja.

10. Viestinnän toteuttaminen ja tulokset

Hankesuunnitelman mukaisesti hankkeen tuloksia on tuotu esille seminaareissa, lehdissä ja markkinointimateriaalina (taulukko 14). Hankkeen päätyttyä tuloksia on mahdollista esitellä myös kiertotaloustapahtumissa kuten Rakentamisen kiertotalouden ajankohtaispäivässä ja kiertotalouden kasvuyritys ja start up -tapahtumassa Frushissa (Forssa). Asiakasmarkkinointi on oleellinen kanava saatujen tulosten hyödyntämiselle, ja sen vuoksi hankkeen tuloksia hyödyntäen on valmisteltu animaatio puumoduulirakennuksen elinkaaresta.

Ekologisuuden ja moduulirakentamisen hyödyt ovat FM-Hausin viestinnän painopiste. Puurakentaminen ja moduulirakentaminen onkin nostettu yrityksen viestintästrategian pääteemaksi, johon hanke on tuottanut tarpeellista aineistoa.

Taulukko 14. Esimerkkejä eri kanavissa tapahtuneesta viestinnästä.

Kanava	PVM	Aihe
Forssan Lehti	11.1.2021	Pääkirjoitus: Puurakentaminen kurkottaa korkealle
YLE-uutiset	7.1.2021	Finlandia-talon 1000 hengen väistötilat tehdään puusta – rakentaminen moduuleista lisääntyy tulevaisuudessa
Kuntamarkkinat 2020	28.9.2020	Puusta pitkään -keskustelutilaisuus
Kasvu Open 2020	12.6.2020	Puurakentamisen Kasvupolku, potentiaalisimmat kasvuyritykset

Moduulirakentaminen on vasta viime aikoina alkanut nousta varteenotettavaksi vaihtoehtoksi paikan päällä tehtävälle rakentamiselle. Hankkeen kautta on voitu tuoda uusia näkökulmia moduulirakentamisen ympäristöhyötyihin sen lisäksi, että rakentamistapa on nopea, muuntautuva ja turvallinen säältä suojassa tehtävänä työnä. Ensisijainen viestinnän kohderyhmä ovat kunnat, kuntapäätäjät sekä yritykset.

11. Tulosten kestävyys ja hyödyntäminen

Rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmässä on tällä hetkellä käytössä Suomessa käytettävän menetelmän ensimmäinen versio, jonka pohjana ovat Euroopan komission Level(s)-menetelmä sekä EN-standardit. Vähähiilisellä rakennuksella on pieni hiilijalanjälki ja suuri hiilikädenjälki. Hiilijalanjäljen arviointi kattaa rakennuksen koko elinkaaren. Siihen kuuluvat rakennustuotteiden valmistus, kuljetus ja työmaa, rakennuksen käyttö ja huolto sekä rakennuksen purku ja kierrätys.

Hiilikädenjäljen arviointiin sisältyvät sellaisten ilmastovaikutusten nettohyödyt, joita ei syntyisi ilman rakennushanketta. Näitä voivat olla rakennuksen hiilivarastot ja hiilinielut, rakennuksen elinkaaren aikana tuotettu ylimääräinen uusiutuva energia sekä rakennustuotteiden uudelleenikäytön tai kierrätyksen myötä syntyvät hyödyt. Nyt meneillään olevan testausjakson jälkeen menetelmää päivitetään.

Jotta kiertotalousajattelun mukaiset tavoitteet modulaarisuudesta, rakennusten muunneltavuudesta, rakenteiden uudelleenikäytön lisäämisestä ja hiilivaraston säilyttämisestä konkretisoituvat myös laskennan tuloksissa, on tarpeen ottaa tässä hankkeessa todennetut epäkohdat huomioon arviointimenetelmän päivittämisessä. Erityisen tärkeää tämä on, koska valmistelussa on rakennusten elinkaaren vähähiilisyyden arvioinnin säädösohjaus osana käynnissä olevaa maankäyttö- ja rakennuslain uudistusta.

12. Talousraportti

Budjetti ja rahoitussuunnitelma toteutuivat pääosin hankesuunnitelman mukaisesti. Oman työn osuus (palkka ja sivukulut) ylittivät budjetin, koska elinkaariarviointiin tarvittava materiaalien määrälaskenta sekä muovin käytön arviointi tehtiin omana työnä. Kokonaisuutena ulkopuolisten palveluiden osuus jäi vastaavasti suunniteltua pienemmäksi. Yleiskustannuksiin oli budjetoitu markkinointimateriaalien kustannukset. Käytännössä hankkeessa päätettiin toteuttaa ulkopuolisena palveluna animaatio, jossa kuvataan mm. elinkaariarvioinnissa toteutettua herkkyystarkastelua rakennuksen käyttötarkoituksen ja lokaation muutoksista. Matkakuluja ei koronan vuoksi syntynyt lainkaan.

Hankkeen kokonaistoteutus tehtiin hankesuunnitelman mukaisesti, vaikka osa toimenpiteistä siirrettiin omaksi työksi kaavailluista konsulttipalveluista.

13. Suositukset tulevia hankkeita ja ohjelmia varten

Kiertotalouden strategisessa edistämishajelmassa kiinteistö- ja rakennusala nostettiin yhdeksi teemaryhmäksi. Teemaryhmän keskusteluissa ja valmistelutyössä modulaarisuus nousi esille osana uudisrakentamisen tulevaisuutta. Kiertotalouden näkökulmasta modulaarisuus tukee pitkäikäisyyttä, korjaamista ja rakennusosien uudelleenikäyttöä sekä tilojen tehokasta käyttöä ja muunneltavuutta. Ohjelmassa ehdotetaan julkista TKI- ja demonstraatorahoitusta modulaaristen ratkaisujen vauhdittamiseen³. Koska modulaariset ratkaisut ovat erityisen soveltuvia julkiseen rakentamiseen, voisi olla tarpeen nostaa puumoduulirakentamisen edistäminen osaksi kunnille suunnattavia hankerahoituksia.

14. Johtopäätökset

Arviointimenetelmällä todennettiin, että pilottikohteena olleen puumoduulirakennuksen hiilijalanjälkeen vaikuttavat keskeisimmät tekijät ovat käytön energiankulutus ja materiaalipäästöt. Näistä energiankäyttö on merkittävin 57 % osuudella. Materiaalipäästöistä puumateriaalit (pl. ovet ja ikkunat) aiheuttavat 40 % päästöistä. Toisaalta puumateriaaliin on myös sitoutunut eloperäistä hiiltä, joka otetaan huomioon rakennuksen hiilikädenjäljessä. Purkamisen osalta energiahyötykäyttö on nykytilanteessa tarkasteltuna hiilijalanjäljen kannalta positiivisempi tekijä

³ Uusi suunta. Ehdotus kiertotalouden strategiseksi ohjelmaksi. Valtioneuvoston julkaisu 2021:1.

kuin materiaalien uudelleenkäyttö. Tulevaisuudessa materiaalien uudelleenkäytön merkitys kasvaa energiahyötyjen pienentyessä, eli energiantuotannon keskimäärien päästökerrointen alentuessa.

Tässä selvityksessä selvitettiin herkkyystarkastelulla rakennuksen tuotevaiheen (A1-A3) vaikutuksia modulaarisen rakennuksen hiilijalanjäljen muodostumiseen. Tuotevaiheen (A1-A3) kokonaisuus on suurin hiilijalanjälkeen vaikuttava tekijä, kun käyttövaihe jätetään huomioimatta. Lisäksi tuotevaihe, eli rakennuksen rakentaminen toteutetaan vain kerran moduulirakenteisen rakennuksen elinkaaren aikana, vaikka käyttökohteet rakennuksella muuttuisikin. Herkkyystarkastelu osoittaa nykyisen arviointimenetelmän ohjeistuksen puutteellisuuden ja haasteen modulaarisen rakennuksen hiilijalanjäljen laskennassa etenkin silloin kun kaikki käyttökohteet ovat rakennusluvan alaisia. Herkkyystarkastelun laskennassa on käytetty raportin mukaisia laskentaoletuksia mm. kuljetusten päästöjen kohdentumisesta, sekä purkuvaiheen päästöjen kohdentumisesta. Tulkinnanvaraisuuden vähentämiseksi myös näille kokonaisuuksille tulisi luoda säännöstö liittyen modulaarisen rakennuksen hiilijalanjälkilaskentaan.

Hankkeen tulokset koskevat pilottikohteeksi valittua rakennusta, mutta sen tuloksia voidaan pitää puumoduulirakentamisen näkökulmasta suuntaa antavina myös muun tyyppisiin kohteisiin. Julkisten hankintojen kannalta on tärkeää pystyä puolueettomasti osoittamaan moduulirakentamisen hyödyt osana kuntien ilmastotyötä ja kestävästä rakentamisesta. Tällä hetkellä modulaariseen rakentamiseen liittyy vielä virheellisiä asenteita ja rajoittavia tekijöitä, joihin voidaan vaikuttaa laadukkaasti tiedon tuottamisella niin elinkaarivaikutuksista kuin rakennusten turvallisuudesta ja terveellisyydestä. Modulaariseen rakentamiseen liittyvä suunnittelun etupainotteisuus verrattuna paikan päällä tehtävään rakentamiseen vaatii työtapana myös tilaajilta selkeää näkemystä ja osaamista halutunlaisen tuloksen saavuttamiseksi.

LIITE 1. Rakennuksen purkamiseen käytetyt skenaariot.

Taulukko 1. Skenaario 1.

Resurssivirta	Massa, kg	Osuus, %	Ensisijainen käsittelytapa	Käsittelypaikka
Puu	22989	55 %	Uudelleenkäyttö	FM-Haus Oy, Pellilänkolmiontie 8, 31600 Jokioinen
Puu	18809	45 %	Energiahöyrykäyttö	FM-Haus Oy, Pellilänkolmiontie 8, 31600 Jokioinen
Kipsilevy	18760	100 %	Kierrätys	Saint-Gobain Finland Oy / Gyproc, Ojangontie 23, 02400 Kirkkonummi
Teräsbetoni	23250	100 %	Uudelleenkäyttö	FM-Haus Oy, Pellilänkolmiontie 8, 31600 Jokioinen
Muovi PVC	1835	100 %	Energiahöyrykäyttö*	
Muovi LDPE	24	100 %	Kierrätys	Lassila & Tikanoja Oyj, Vaskikatu 13 Turku
Muovi PE	93	45 %	Kierrätys	Lassila & Tikanoja Oyj, Vaskikatu 13 Turku
Muovi PE	113	55 %	Energiahöyrykäyttö*	
Muovi PP	325	100 %	Energiahöyrykäyttö*	
Eristevilla	2174	95 %	Kierrätys	Saint Gobain Finland Oy, Ahlströminkatu 1, 30420 Forssa
Eristevilla	114	5 %	Energiahöyrykäyttö*	
Lasi	944	100 %	Uudelleenkäyttö	FM-Haus Oy, Pellilänkolmiontie 8, 31600 Jokioinen
Alumiini	355	100 %	Kierrätys	Keräyslava Oy, Ojannontie 4-6, 21290 Rusko
Posliini	321	100 %	Uudelleenkäyttö	FM-Haus Oy, Pellilänkolmiontie 8, 31600 Jokioinen
Talotekniikka	2680	100 %	Kierrätys	Keräyslava Oy, Ojannontie 4-6, 21290 Rusko
Teräs	565	100 %	Kierrätys	Keräyslava Oy, Ojannontie 4-6, 21290 Rusko
Sekalainen purkujäte* energiahöyrykäyttöön yhteensä	2388		Energiahöyrykäyttö	Lassila & Tikanoja Oyj, Vaskikatu 13 Turku

Taulukko 2. Skenaario 2.

Resurssivirta	Massa, kg	Toissijainen käsittelytapa	Käsittelypaikka
Puu	41798	Energiahöyrykäyttö	Lassila & Tikanoja Oyj, Vaskikatu 13 Turku
Kipsilevy	18760	Kierrätys	Saint-Gobain Finland Oy / Gyproc, Ojangontie 23, 02400 Kirkkonummi
Teräsbetoni	2325	Kierrätys	Rudas Oy, Ohikulkutie 577, 20660 Littoinen
Teräsbetoni	20925	Maanrakentaminen	
Muovi PVC	1835	Energiahöyrykäyttö*	
Muovi LDPE	24	Energiahöyrykäyttö*	
Muovi PE	206	Energiahöyrykäyttö*	
Muovi PP	325	Energiahöyrykäyttö*	
Eristevilla	2288	Energiahöyrykäyttö*	
Lasi	944	Energiahöyrykäyttö*	
Alumiini	355	Kierrätys	Keräyslava Oy, Ojannontie 4-6, 21290 Rusko
Posliini	321	Energiahöyrykäyttö*	
Talotekniikka	2680	Kierrätys	Keräyslava Oy, Ojannontie 4-6, 21290 Rusko
Teräs	565	Kierrätys	Keräyslava Oy, Ojannontie 4-6, 21290 Rusko
Sekalainen purkujäte* energiahöyrykäyttöön yhteensä	5943	Energiahöyrykäyttö	Lassila & Tikanoja Oyj, Vaskikatu 13 Turku

LIITE 2. Käytetyn data arviointi:

Ympäristöministeriön Rakennuksen vähähiilisyys arviointimenetelmä.

Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu

Luonnos hiilijalanjäljen arvioinnin testausta varten 9.12.2019



Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment

Tietojen Laatu

Tietojen laatu

Arvioinnissa käytettävien tietojen laatu tulee arvioida, jos arviointi tehdään käyttäen ns. tarkennettua menetelmää.

Yksinkertaistettua menetelmää käytettäessä tätä välilehteä ei tarvitse täyttää.

Alla ehdotettu lähtötietojen arviointitapa perustuu Euroopan komission Level(s)-menetelmään.

Elinkaaren vaiheet	Maan-			Epävarmuus	Yhteensä	Vähimmäisvaatimukset
	Teknologinen edustavuus	tieteellinen edustavuus	Ajallinen edustavuus			
A1–3 Tuotteiden valmistus	3	3	3	3	12	Tiedot vähintään tasoa 2
A4 Kuljetus työmaalle	3	3	3	3	12	Maantieteellinen edustavuus oltava tasoa 3
A5 Työmaan toiminnot	3	3	3	3	12	Maantieteellinen edustavuus vähintään tasoa 2
B3–4 Korjaukset ja vaihdot	3	3	3	3	12	Maantieteellinen edustavuus vähintään tasoa 2
B6 Energian kulutus	3	3	3	3	12	Tiedot vähintään tasoa 2
C1 Purkutyöt	2	2	2	2	8	Ei vähimmäisvaatimuksia
C2 Kuljetus jatkokäsittelyyn	3	3	3	3	12	Ei vähimmäisvaatimuksia
C3 Jätteenkäsittely	2	3		2	7	Ei vähimmäisvaatimuksia
C4 Loppusijoitus						Ei vähimmäisvaatimuksia
D Elinkaaren ulkopuoliset	3	3	3	2	11	Ei vähimmäisvaatimuksia
Yhteensä	25	26	23	24		

LEVEL(s)- viitekehyksen arvioinnin menetelmä.

Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu

Luonnos hiilijalanjäljen arvioinnin testausta varten 9.12.2019



Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment

Tietojen laadun arvioinnissa käytettävä pisteytys

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