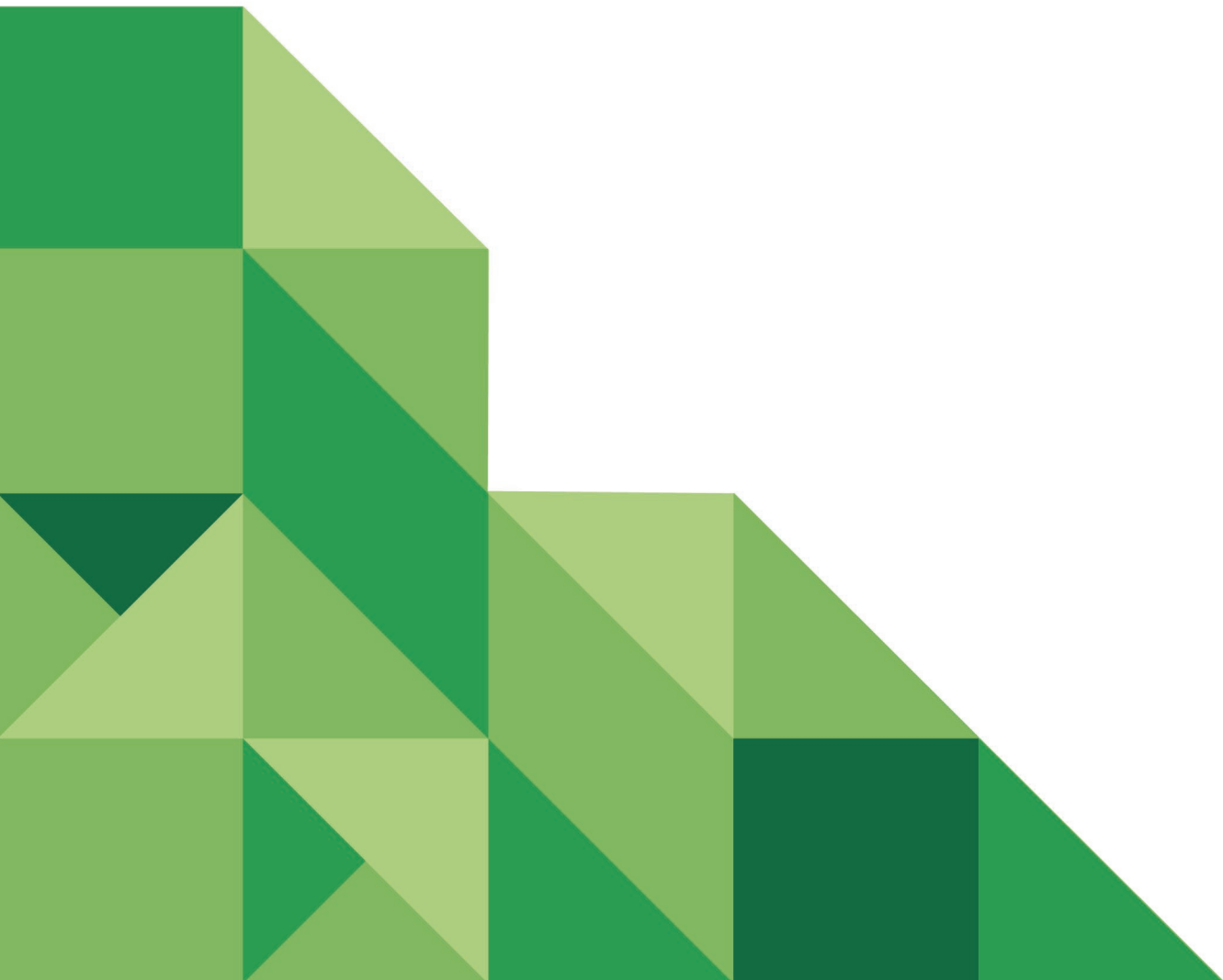


Ympäristövaikutusten ja energia- tehokkuuden arviointi korjaus- rakentamisen hankkeissa

Elinkaariarvioinnin (LCA),
elinkaarikustannusten (LCC) ja
energiasimuloinnin arviointiraportti



Julkaisusarja

Karelia-ammattikorkeakoulun julkaisuja C: Raportteja, 80

Tekijät:

Mika Keskisalo, Karelia-ammattikorkeakoulu

Jari Kuusisto, Karelia-ammattikorkeakoulu

Mikko Matveinen, Karelia-ammattikorkeakoulu

© Tekijät ja Karelia-ammattikorkeakoulu



Tämä julkaisu on lisensoitu Creative Commons Nimeä-EiKaupallinen-JaaSamoin 4.0 Kansainvälinen -lisenssillä.

ISBN 978-952-275-334-2

ISSN 2323-6914

Karelia-ammattikorkeakoulu 2021



**BUSINESS
JOENSUU**



Vipuvoimaa
EU:lta
2014-2020

Sisällys

Johdanto.....	5
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	7
1 Tutkimuksen tarkoitus ja rakennuksen tiedot	9
1.1 Arvioinnin perustiedot.....	9
1.2 Arvioitu rakennus Talo A, yleistiedot.....	10
1.3 Arvioidun rakennuksen käyttökustannukset (vesi/sähkö/huolto)	11
2 Tarkasteltavan kohteen lähtötiedot	12
2.1 Kohteen suunnittelijoiden tiedot	12
2.2 Tuulentie 3 nykyinen rakennustekniikka ja rakenteet	13
2.3 Tuulentie 3 nykyiset LVIA järjestelmät	15
3 Tutkimuksen tavoite ja rajaus	16
4 LCA-arvioinnin tavoite ja järjestelmän rajaus.....	21
5 Arvioidut vaikutuskategoriat	24
6 Arviointiin sisältyvät rakennusosat.....	25
7 Ympäristötietolähteet	26
8 Projektin tietolähteet ja oletukset	28
9 Arviointikohteen korjaustoimenpiteet.....	32
9.1 Rakennustekniikka	32
9.2 LVIA- järjestelmät	33
9.3 Sähkö- ja telejärjestelmät	33

10 Yksityiskohtaiset arviointitulokset energiasimulointien ja GWP osalta.....	34
10.1 Energiasimulointien tulokset.....	34
10.2 LCA elinkaariarvioinnin tulokset GWP100.....	39
11 Vertailuarvot.....	45
12 Tuulentie 3 Talo A tuloksien vertailu, GWP100	46
13 Elinkaarikustannukset (LCI)	49
14 Tuulentie 3 Talo A tuloksien yhteenveto.....	52
15 Energiasimuloinnin pohjalta ehdotetut toimenpiteet.....	55
16 GWP ehdotetut vähennystoimenpiteet	58
17 One Click LCA laskentatyökalun kuvaus	60
18 Tutkimuksen kriittinen arviointi	61
Lähteet.....	62
Liitteet.....	65

Liite 1. Toteutusvaihtoehtojen elinkaaren kokonaispäästöt

Liite 2. Vertailuvaihtoehtojen kumulatiivinen hiilijalanjälki GWP100 (tkgCO₂e). Rakennuksen elinkaaren vaiheet A1-A3, A4, B4-B6 sekä C.

Liite 3. Käytettyjen ympäristöselosteiden (EPD) ja LCI listaus

Johdanto

Suomen pitkän aikavälin korjausrakentamisen strategiassa 2020–2050 tavoitteeksi on asetettu vähentää rakennusten hiilidioksidipäästöjä vuoden 2020 alusta 90 prosenttia vuoteen 2050 mennessä. Strategian toimeenpano koskee 1,4 miljoonaa vuoden 2020 alkuun mennessä valmistuneita asuin- ja palvelurakennuksia. Korjausrakentamisen volyyymi Suomessa on noin puolet kaikesta rakentamisesta, joten rakentamisen päästöjen vähentämisessä sillä on merkittävä rooli.

Rakentamisen säädöskehityksen kautta rakennusten elinkaaren hiilijalanjälkilaskenta on tulossa kiinteäksi osaksi myös korjausrakennushankkeiden suunnittelua. Lähtökohteisesti rakennusten elinkaaren hiilijalanjäljen tarkastelu tulisi suorittaa hankesuunniteluvaiheessa osana rakennushankkeen tavoitteiden asettamista, jolloin eri suunnitteluratkaisuja voidaan arvioida kokonaisvaltaisesti ja ohjata niiden vähähiilisyyttä. Rakennuksen elinkaarenpäästöjen osalta suurimmat yksittäiset päästölähteet ovat rakennuksen käyttövaiheen energiankulutus sekä eri rakennusmateriaalien tuotantovaiheen päästöt.

Karelia-ammattikorkeakoulun *Vähähiilinen ja energiatehokas korjausrakentaminen* EAKR-projektin yhtenä toimenpiteenä toteutettiin pilottitoteutus, jonka tavoitteena oli arvioida peruskorjauskohteen suunnitteluratkaisuja hiilijalanjäljen, energiatehokkuuden sekä kustannusten näkökulmasta. Työ toteutettiin osana Joensuun-Kodit Oy:n asuin-kerrostalokohteen saneeraussuunnitteluprosessia.

Työn toteutuksen ensimmäisessä vaiheessa kerättiin lähtötietoja eri suunnittelualoilta (ARK/RAK/LVIAS) tyypillisistä suunnitteluratkaisuksista, joita oli hyödynnetty aikaisemmin vastaavanlaisissa kohteissa. Näiden lähtötietojen pohjalta potentiaalisimmille suunnitteluratkaisuille suoritettiin energiasimulointi Riuska-energialaskentaohjelmalla. Simuloinnin avulla pyrittiin tunnistamaan ko. ratkaisun vaikutukset rakennuksen kokonaisenergiankulutukseen.

Toisessa vaiheessa toteutettiin rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen arviointi valituille ratkaisuvaihtoehdoille One-Click LCA -laskentaohjelmistolla. Arvioinnissa huomioitiin energiankulutuksen pienentämisen vaikutus päästöjen vähentämisen näkökulmasta

suhteessa käytettyjen materiaalien valmistuksesta aiheutuviin päästöihin rakennuksen elinkaaren vaiheissa A1-A5, B4-B6, C1-C4 sekä D.

Kolmannessa vaiheessa toteutettiin kustannuslaskenta eri suunnitteluratkaisuille, joiden avulla selvitettiin niiden takaisinmaksuaikoja. Kustannuslaskennassa hyödynnettiin Tocoman-kustannuslaskentaohjelmaa ja takaisinmaksuaikojen osalta Excel-laskentapohjia. Skenaariot energiatehokkuuden, hiilijalanjäljen ja takaisinmaksuaikojen osalta laadittiin aluksi yksittäisille ratkaisuille ja myöhemmin tunnistettujen parhaimpien ratkaisujen yhdistelmille.

Tässä julkaisussa on kuvattu seikkaperäisesti edellä kuvatun pilottitoteutuksen toteutusprosessia sekä saatuja tuloksia. Julkaisu tarjoaa yhden mahdollisen toteutustavan, jonka avulla eri suunnitteluratkaisuja voidaan arvioida ympäristövaikutuksien näkökulmasta energiatehokkuuden ja investointikustannusten rinnalla.

Joensuussa 20.9.2021,

Mikko Matveinen
projektipäällikkö

Vähähiilinen ja energiatehokas korjausrakentaminen -tutkimus- ja kehittämisprojektin päärahoittaja toimii Etelä-Savon Elinkeino-, Liikenne- ja Ympäristökeskus EAKR-ohjelmasta.

Käytetyt termit ja lyhenteet

BIM (Building Information Modelling), Rakennuksen tietomalli

Rakennuksen ja rakennusprosessin koko elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuus digitaalisessa muodossa, mukaan lukien rakennuksen geometria kolmiulotteisessa muodossa.

CO₂, Hiilidioksidi

Kasvihuonekaasu ja kemiallinen yhdiste, joka koostuu hiilestä ja hapesta.

CO₂e, Hiilidioksidiekvivalentti

Hiilijalanjäljen yksikkö, jossa eri kasvihuonekaasujen ilmastoa lämmittävä vaikutus on muunnettuna hiilidioksidin vastaavaksi vaikutukseksi ilmakehässä.

EPD (Environmental Product Declaration), ympäristöseloste

Elinkaarianalyysiin perustuva standardoitu tapa esittää jonkin valmistettun tuotteen tai tuoteryhmän varmennetut ja vertailukelpoiset ympäristövaikutukset.

E-luku

Rakennuksen tai sen osan kokonaisenergiankulutus

Elinkaaren hiilijalanjälki

Hiilijalanjälki, joka kattaa koko elinkaaren ilmastovaikutukset. Rakennuksen osalta elinkaaren hiilijalanjälki kattaa ilmastopäästöt tuotteiden valmistuksesta, rakentamisesta, rakennuksen käytöstä, huolloista ja energian kulutuksesta sekä rakennuksen purusta.

Hiilijalanjälki

Kuvaa tuotteen tai palvelun ilmastovaikutusta muunnettuna hiilidioksidiekvivalenteiksi.

Hiilikädenjälki

Tuotteesta tai palvelusta syntyvien ilmastohyötyjen summa muunnettuna hiilidioksidiekvivalenteiksi. Ympäristöministeriön Vähähiilisyden arviointimenetelmässä hiilikädenjäljellä tarkoitetaan koko elinkaaren aikana syntyviä absoluuttisia päästöhyötyjä, joita ei syntyisi ilman rakennushanketta. Muissa määritelmässä hiilikädenjäljellä voidaan

kuvata myös esimerkiksi positiivista ilmastohyötyä verrattuna tuotetta tai palvelua vastaavaan, tavallisen tason tuotteeseen tai palveluun.

Hiilivarasto

Tuotteeseen tai materiaaliin ilmakehästä varastoitunut hiili.

LCA (Life cycle assessment), Elinkaariarviointi

Tuotteen tai palvelun elinkaaren ympäristövaikutusten arviointimetodologia, jossa voidaan huomioida useita eri ympäristövaikutusvaikutusluokkia, mukaan lukien hiilijalanjälki.

SAVE-järjestelmä

Huoneistokohtainen energian ja veden kulutuksen mittaus- sekä lämmityksen säätöjärjestelmä.

1 Tutkimuksen tarkoitus ja rakennuksen tiedot

1.1 Arvioinnin perustiedot

Kohteen nimi: Joensuun Kodit Oy, Tuulentie 3 (Talo A)

Osoite: Tuulentie 3, 80160 Joensuu, Suomi



Arvioija ja arvioijan koulutus:

Energiasimulointi: Projektisuunnittelija, Jari Kuusisto, Insinööri (AMK)

LCA/LCC: Projektiasiantuntija, Mika Keskisalo, Insinööri (YAMK)

<p>Tutkimuksen tarkoitus</p>	<p>Tutkimuksen tarkoituksena on arvioida energiatehokkuuden parantamisen vaikutuksia peruskorjausvaiheessa käytetyn energiankulutuksen sekä hiilijalanjäljen näkökulmasta. Arvioinnissa huomioidaan energiankulutuksen pienentämisen vaikutus päästöjen vähentämisen näkökulmasta suhteessa käytettyjen materiaalien valmistuksesta aiheutuviin päästöihin verrattuna. Arviointi suoritetaan Talo A:lle GWP-indikaattorin näkökulmasta huomioiden rakennuksen elinkaaren vaiheet A1-A5, B4-B5, C1-C4 sekä D. Myös elinkaaren kustannukset otetaan huomioon.</p>
------------------------------	---

Hankkeen tyyppi	Olemassa oleva/ korjausrakennuskohde
Arviointimenetelmä:	EN 15978:2011 (LCA), Energiasimuloinnit 1010/2010
Kieli	Suomi
Tutkimuksen lähtötiedot (tyyppi)	Lähtötietoina suunnitteludokumentit: 2D-dokumentit, asiakirjat sekä IFC inventointimalli.
Tiedot varmennettu jälki seurannalla	Tietoja ei jälki varmenneta vaan tiedot perustuvat suunnitteludokumentteihin
Rakennuksen elinkaari	Keskeneräinen

1.2 Arvioitu rakennus Talo A, yleistiedot

Jos tietoja ei ole saatavilla käytetään N/A merkintää kyseisillä kohdilla.

Rakennusluokitus	Asuinkerrostalot, joissa on asuinkerroksia väh. 3 kerroksessa
Rakennus- tai peruskorjausvuosi	Rakennusvuosi 1987 ja peruskorjausvuosi 2021
Pinta-ala/ huoneisto-ala (lämmin)	741,5 m ²
Pinta-ala (puoli-lämmin/kylmä)	N/A
Päärakennusmateriaali	Betoni/puu. Välipohjat paikallavalettu TB-laatta, primäärijäykistysseinät betoni ja sekundääriseinät rankarunkoinen levytetty puuseinä. Yläpohja puurakenteinen, pääkannatinrakenteet harjapalkit (liimapuu)
Ilmastovyöhyke	<i>Finland zone 5, Jyväskylän säävyöhykkeen (vyöhyke III) vuoden 2012 säädäntä mukaisesti</i>
Rakennuksen toiminnot ja palvelut	Asuinrakennus, yhteiskäyttötilat ja VSS sijaitsevat Talo B:ssä
Rakennuksen käyttömäärät	Käyttöajat/määrät ovat Ympäristöministeriön ohjeiden mukaisesti asuinkerrostalon käyttöajat.
Bruttoala b-m ² /kerrosala	972,0 m ²
Kerroslukumäärä ja kuvaus	3 kerrosta sisältäen pilareilla kannatetut parvekkeet. 15 huoneistoa sekä 1 krs yleiset tilat
Lämmitys/jäähdytysjärjestelmä	Kaukolämpö, vesikiertoiset patterit ja painovoimainen ilmanvaihto
Energiatodistusluokka (E-luku)	Energiatodistus laadittu Case18 pohjalta perustuen alkuperäisiin suunnitteludokumentteihin 165 kWh _E / (m ² vuosi) (2018), energiatehokkuusluokka E (Energiatodistusopas 2018)

Muut relevantit käyttäjän asettamat tai asetetut rakennusmääräykset	Ei muita erityisvaatimuksia
LCC-laskenta-aika	15 vuotta ja 25 vuotta. Teoreettinen tarkastelu lisäksi 50 vuotta.
LCA- laskenta-aika	Suunnitellun käyttöiän mukainen jäljellä oleva käyttöikä 15 ja 25 vuotta.
Rakennuksen suunniteltu käyttöikä	50 vuotta

1.3 Arvioidun rakennuksen käyttö- kustannukset (vesi/sähkö/huolto)

Vakioidulla käytöllä oleva ostoenergia, sähkö (käytetty laskennassa)	Perustapaus Case 18: 29,6 MWh/vuosi
Vakioidulla käytöllä oleva ostoenergia, kaukolämpö (käytetty laskennassa)	Perustapaus Case 18: 230,9 MWh/vuosi
Energiankulutus yhteensä, vuotuinen (Todellinen ostoenergia)	Perustapaus Case 18: 260,5 MWh/vuosi
Veden kulutus, vuotuinen	Perustapaus Case 18: N/A
Vuotuinen korjausbudjetti	N/A
Huolto- ja ylläpitokustannukset, vuotuinen	N/A
Jätehuoltokustannukset, vuotuinen	N/A
Kiinteistöverot tai kiinteistövuokrat	N/A
Rakennuksen kustannusarvio	N/A M€ alv 0%

2 Tarkasteltavan kohteen lähtötiedot

2.1 Kohteen suunnittelijoiden tiedot

Olemassa olevan rakennuksen suunnittelijoiden tiedot (1986)

Arkkitehtisuunnittelu:

Arkkitehtitoimisto Antti Torikka, Antti Torikka

Rakennesuunnittelu:

Joensuun Juva Oy, K. Puurtinen

LVI-suunnittelu:

Insinööritoimisto Rauno Mäkelä Oy, Heikki Myller

SÄH- suunnittelu:

Insinööritoimisto Veli Hirvonen KY/ Vauhti-Sähkö Oy

Korjausrakennuskohteen suunnittelijoiden tiedot (peruskorjaus 2021)

Arkkitehtisuunnittelu:

Arcadia Oy arkkitehtitoimisto, Martti Aittapelto/ Tarja Örn

Rakennesuunnittelu:

Suunnitteluryhmä KARRAK Oy, Marko Holopainen

LVI-suunnittelu:

LVI- Suunnittelu Partanen Oy, Heli Partanen

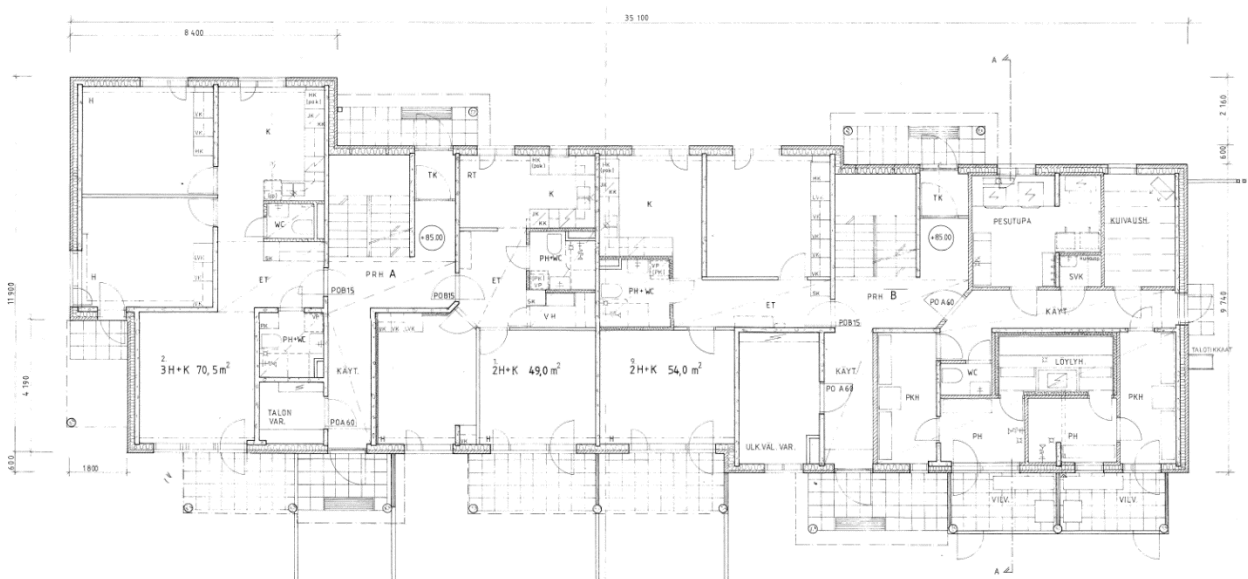
SÄH-suunnittelu.:

Sähkösuunnittelu Juha Eskelinen Oy, Juha Eskelinen

2.2 Tuulentie 3 nykyinen rakennustekniikka ja rakenteet

Kohteen tiedot perustuvat Tuulentie 3 osalta alkuperäisiin ARK/RAK suunnitteluasiakirjoihin (1986) sekä suunniteltujen korjaustoimenpiteiden kuvauksen osalta WSP Finland Oy Harri Syrjälän laatimaan kuntoarvioon (2021) sekä Suunnitteluryhmä KARRAK Oy Marko Holopaisen laatimiin RAK suunnitteluasiakirjoihin (2021). Rakenneosien tarkemmat kuvaukset sekä paksuudet ovat nähtävissä rakennetyypeistä. Tulevissa on otteita WSP Finland Oy sekä KARRAK Oy asiakirjoista.

Talo B:ssä sijaitsee Talo A:n kanssa jaettu VSS (väestönsuoja). Talo A ja talo B sisältävät kuitenkin kummassakin rakennuksessa omanaan sijaitsevat yhteiskäyttötilat saunan, pesutilojen, pesutuvan ja kuivaushuoneen osalta. Käynti kerroksien välillä ja huoneistoihin tapahtuu rakennuksen keskiosan porrashuoneen avulla. Talo A tai Talo B eivät sisällä hissiä.



Kuva 1. Pohjapiirros, 1 kerros (Arkkitehtitoimisto Antti Torikka. 1986)

Päärakennusten Talo A ja B ulkoverhous on toteutettu julkisivutiilillä ja varasto/piharakennukset ulkoverhouspaneelilla. Lämmöneristeenä on käytetty mineraalivillaa (paksuus 125 mm) yhdessä tuulensuojaeristeen (paksuus 50 mm) kanssa Talo A ja B asuin-kerrostalojen osalta.

Rakennuksen pääasiallinen kantava sekä jäykistävä runko koostuu paikallavalurakenteisista teräsbetoni ulko- ja väliseinistä. Seinien paksuus on kerroksien 1-3 osalta 160 mm liittyen paikallavaluholviin hl=190 mm. Välipohjan hyötykuormana on käytetty arvoa $q=1,5 \text{ kN/m}^2$ kyseisen aikakauden rakennusmääräyskokoelman mukaisesti. Teräsbetonipilarein kannatettujen parvekkeiden teräsbetoniholvin paksuus hl=150-130 mm sisältäen parvekekaadot, ulkoseinän liittymässä IPE80 teräspalkit VP -ja parvekeholvin valussa. Toissijaisena kantavana runkona toimii teräsbetoniseinien lisäksi US- linjoilla sahatavararunko 50x125 k600 jaolla, johon välipohjan teräsbetoniholvi tukeutuu osittain pystykuormien osalta.

Rakennuksen perustustapana toimii paikallavaletut teräsbetoniset jatkuvat anturat TB- seinälinjojen osalta sekä pilarianturat parvekkeen pilareiden osalta. Puurakenteisten ulkoseinien kohdalla perustukset on toteutettu käyttäen paikallavalettuja sokkelipalkkeja. Rakennuksen perustuksissa ei ole käytetty paalutusta. Alapohjana on maanvarainen betonilaatta sekä sen alapuolinen lämmöneristys.

Vesikattorakenne on pukkikattorakenne koostuen sahatavaratolpista sekä orsista. Vesikaton korkomuutoksien kohdilla sahatavararunko 50x100 k600 sekä ulkoverhouspaneeli. Vesikaton jäykistys on toteutettu käyttäen vinositeitä. Yläpohjan lämmöneristeenä on käytetty mineraalilevyillä eristystä paksuutena 125+125= 250 mm. Vesikatteen rakenteena rivipeltikate, jonka alla raakaponttilauta ilman aluskatetta.

Ei- kantavat seinärakenteet koostuvat yhteiskäyttötilojen sekä huoneistojen osalta levyrakenteisista kerto/sahatavaraseinistä, jotka ovat kahdelta puoleltaan levytettyjä. Märkätilojen osalta seinät yleensä muurattuja rakenteita esim. KAH1 tiili.

Rakenteiden nykyhetken U-arvot perustuvat rakennetyyppiikohtaisiin arvioituihin U-arvoihin sekä rakentamisajankohtana voimassaolleeseen Suomen Rakentamismääräyskokoelma C3 Lämmöneristys (1985) arvoihin.

Taulukko 1. Nykyisen rakenteen U-arvot RakMK C3 (1985) mukaan

Rakenneosa	U-arvo $W/(m^2K)$ (RakMk C3, 1985)
Ulkoseinä	0,28
Maanvarainen alapohja	0,36
Yläpohja	0,22
Ovi	1,4
Ikkuna	2,1

Taulukko 2. Nykyisen rakenteen energiasimuloinnissa käytetyt U- Arvot

Rakenneosa	U-arvo W/(m ² K) (RakMk C3, 1985)
Ulkoseinä	0,28
Maanvarainen alapohja	0,36
Yläpohja	0,22
Ovi	1,42
Ikkuna	1,97

Ikkunat ovat kolmilasisia puuikkunoita tyyppiä MSK ja ne ovat alkuperäisiä vuodelta 1987. Ikkunoiden tekninen käyttöikä on 50 vuotta, jolloin arviointiajankohdasta niillä on käyttöikää jäljellä 15–20 vuotta. Tässä tutkimuksessa ikkunoiden U-arvona on käytetty oletusta 1,97 W/(m²K) sekä g-arvon osalta 0,62. Case simuloinnissa uusittavien ikkunoiden U-arvona 1,00 W/(m²K) ja g-arvo 0,50.

Ulko-ovet ja tuulikaappien ovet ovat alkuperäisiä lasiaukollisia teräsovia. Teräsovien tekninen käyttöikä 60 vuotta. Rakennusten parvekeovet ovat alkuperäisiä sisään ja ulosaukeavia kaksilehtisiä lasiaukollisia puuvia. Asuinhuoneiden väliovet ovat alkuperäisiä huullettuja kennorakenteisia levyovia joissa on puukarmit. Asuntojen kerrostasovet ovat alkuperäisiä kaksilehtisiä puuvia.

2.3 Tuulentie 3 nykyiset LVIA järjestelmät

Rakennuksessa on koneellinen poistoilmanvaihto, joka on toteutettu vesikatolla sijaitsevilla poistoilman huippuimureilla. Huippuimurit eivät ole alkuperäisiä vaan ne on uusittu kertaalleen, mutta päätelaitteet ja varusteet ovat pääosin alkuperäisiä. Tuloilma tulee huoneistoihin tuuletus- ja raitisilmaventtiilien kautta. Ilmanvaihtokanavistot, varusteet ja päätelaitteet ovat pääosin alkuperäisiä. Päätelaitteina toimivat lautasventtiilit ja kartioventtiilit.

Kiinteistö on liitetty kaukolämpöverkkoon ollen pääasiallinen lämmöntuottotapa ja lämmönjako toimii vesikiertoisen patterilämmityksen avulla. Kaukolämmön alajakokeskus on uusittu vuonna 2016, mutta verkoston linjansäätö- ja sulkuventtiilit ovat alkuperäisiä. Lämmitysjärjestelmä on kytketty alkuperäiseen SAVE- järjestelmään, joka tullaan purkamaan peruskorjauksen yhteydessä.

Kiinteistö on liitetty kaupungin vesi- ja viemäriverkostoon ja verkostot ovat pääasiassa alkuperäisiä. Vesi- ja viemärikalusteita on huoltokorjattu tai uusittu tarpeen mukaisesti.

3 Tutkimuksen tavoite ja rajaus

Energiasimuloinnin tavoitteena oli selvittää rakennuksen energiankulutus nykytilanteessa ja verrata sitä erilaisiin energiatehokkuutta parantaviin ratkaisuihin. Simulointitapauksissa tutkittiin rakenteiden lämmönläpäisykertoimien, uusiutuvien energiamuotojen sekä ilmanvaihtoratkaisuiden vaikutusta E-lukuun, energian nettotarpeisiin ja osatoenergian tarpeeseen.

Lähtötiedot olivat osittain puutteellisia ja tarkempaa selvitystä ei tehty. Puuttuneet tiedot täydennettiin Ympäristöministeriön ohjeistusten mukaisesti ja pidettiin vakiona kaikissa simulointitapauksissa. Puutteellisista lähtötiedoista johtuen simulointien tulokset eivät aivan täysin vastaa todellista energiankulutusta, joten niitä on tarkasteltava suhteellisina arvoina verraten nykytilanteen simulointiin. Osa teknisistä ratkaisuista, kuten vakiopaineventtiili ja huoneistokohtainen ilmanvaihto, oli jo päätetty toteutettavaksi. Näiden ratkaisujen vaihtoehtoja ei tutkittu. Energiasimuloinneissa ei otettu huomioon ratkaisujen kustannuksia tai vaikutusta hiilijalanjälkeen. Nämä kuitenkin laskettiin jälkeinpäin eri simulointitapauksille.

WSP Finland Oy:n kuntoarvio ei sisällä energiatalouden arviointia vaan projektin teke-mällä energiasimuloinnilla pyritään arvioimaan mahdollisten eri toimenpiteiden vaikutuksia eri case- tapausten muodossa (n=19).

Case tapausten energiasimulointien tavoitteet voidaan jakaa seuraavasti:

1. Rakennuksen tiiveyden ja ilmanvuotoluvun q_{50} (m^3/hm^2) parantaminen
2. Rakennuksen energiatehokkuuden parantaminen, rakennusosien U-arvon parannukset
3. Rakennuksen energiatehokkuuden parantaminen, LVI/ TATE parannukset
mm. lämpöpumput
4. Kiinteistön oman energiantuotannon mahdollisuudet ja hyödyt, aurinkopaneelit

Rakennukseen suoritettun kuntoarvion perusteella seinien tiiliulkoverhous sekä rakenteet ovat rakennuksen ikään nähden hyvässä kunnossa ja laajamittaiseen lämmöneristeen korvaamiseen säilyttämällä nykyinen kantava runko ja purkamalla lämmöneristys sekä julkisivurakenne ei päädytty tämän kohteen osalta.

Rakennuksen nykyisenä ilmanvuotolukuna voidaan tarkastelussa olettaa $q_{50}=2,5$ ($m^3/(hm^2)$), joka perustuu kohdetta hallinnoivan Joensuun Kotien kokemukseräiseen tietoon aikaisemmista kohteista. Jos ilmanpitävyyttä ei osoiteta mittaamalla tai muulla menettelyllä käytetään ilmanvuotolukuna $4,0$ ($m^3/(hm^2)$). Talo A osalta käytetään energiasimuloinnin oletuksena, että toteutettaessa peruskorjaus suoritetaan tiiveyskorjaus esim. liimatiivistemassalla, teippauksella tai vesieristeellä. Vaihtoehtoisesti tiiveyskorjaus voidaan suorittaa asentamalla tiivis kerros rakenteen sisäpuolelle esim. ohuehko alumiinipintainen polyuretaanilevy, jonka saumat on teipattu. Pelkän tiiveyskorjauksen vaikutuksia on tarkasteltu case 7 osalta ilmanvuotolukuna $1,0$ ($m^3/(hm^2)$) ja muissa case tapauksissa ilmanvuotoluku $1,0$ ($m^3/(hm^2)$) saavutetaan sisäpuolisen lisälämmöneristämisen yhteydessä.

Taulukko 2. Case tapausten ilmanvuotoluvut q_{50} [$m^3/(h m^2)$]

Case	Ilmanvuotoluku q_{50} [$m^3/(h m^2)$]
3	1,00
4	1,00
5	1,00
6	1,00
7	1,00
8	1,00
9	1,00
11	1,00
12	2,50
13	1,00
14	1,00
15	1,00
16	1,00
17	1,00
18	2,50
19	1,00

Tavoitetasona rakennusosien lämmönläpäisykertoimen (U-arvo) osalta käytetään "4/13 Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä" 4§ Rakennusosakohtaisia vaatimuksia:

Kun rakennuksen energiatehokkuuden parantamisen suunnittelu ja toteutus tapahtuu rakennusosakohtaisesti, on noudatettava seuraavia vaatimuksia;

1) Ulkoseinä: Alkuperäinen U-arvo x 0,5, kuitenkin enintään 0.17 W/(m² K). Rakennuksen käyttötarkoituksen muutoksen yhteydessä alkuperäinen U-arvo x 0,5, kuitenkin 0,60 W/(m² K) tai parempi.

2) Yläpohja: Alkuperäinen U-arvo x 0,5, kuitenkin enintään 0.09 W/(m² K). Rakennuksen käyttötarkoituksen muutoksen yhteydessä alkuperäinen U-arvo x 0,5, kuitenkin 0,60 W/(m² K) tai parempi.

3) Alapohja: Energiatehokkuutta parannetaan mahdollisuuksien mukaan.

4) Uusien ikkunoiden ja ulko-ovien Uarvon on oltava 1.0 W/(m² K) tai parempi. Vanhoja ikkunoita ja ulko-ovia korjattaessa on lämmönpitävyyttä parannettava mahdollisuuksien mukaan.

Rakennusosien U-arvo parannustoimenpiteet painottuvat tällöin ulkoseinän sisäpuolisen lisälämmöneristyksen lisäämiseen sekä sitä kautta tapahtuvaan tiiveyden parantamiseen. Yläpohjan osalta tarkastelussa on ullakkotilassa sijaitsevien nykyisten levyeristeiden pakkausjätteiden poistaminen sekä lisälämmöneristyksen lisääminen nykyisen mineraalivillan päälle. Rajaavana tekijänä ulkoseinän lisälämmöneristämässä on, että lämmöneristys ei saa vähentää huomattavissa määrin sisäpuolen huoneistoneliöitä. Ikkunoiden U-arvon parantaminen otetaan mukaan osana case tapausten simuloiteja, mutta ulko-ovien oletetaan olevan kaikissa case tapauksissa U- arvoltaan 1,42 W/(m²K). Rakennusosien case kohtaiset U- arvot sekä rakennusosien materiaalivaihtoehdot on esitetty alla olevissa taulukoissa.

Taulukko 3. Case kohtaiset rakennusosien U-arvot W/ (m²K)

Case	Rakenteiden U-arvot W/(m ² K)				
	Ulkoseinä (US)	Yläpohja (YP)	Alapohja (AP)	Ikkunat	Ulko-ovet
3	0,28	0,09	0,36	1,97	1,42
4	0,28	0,09	0,36	1,00	1,42
5	0,28	0,09	0,36	1,97	1,42
6	0,28	0,09	0,36	1,00	1,42
7	0,28	0,22	0,36	1,97	1,42
8	0,28	0,09	0,36	1,97	1,42
9	0,28	0,09	0,36	1,97	1,42
11	0,28	0,09	0,36	1,00	1,42
12	0,28	0,09	0,36	1,97	1,42
13	0,17	0,22	0,36	1,97	1,42
14	0,17	0,09	0,36	1,97	1,42
15	0,28	0,22	0,36	1	1,42
16	0,17	0,09	0,36	1	1,42
17	0,28	0,09	0,36	1,97	1,42
18	0,28	0,22	0,36	1,97	1,42
19	0,28	0,09	0,36	0,71	1,42

Taulukko 4. Rakennusosien ja TATE vaihtoehtoyhdistelmät

Case	Rakenteiden U-arvot W/(m ² K)						
	Ulkoseinä (US)	Yläpohja (YP)	Alapohja (AP)	Ikkunat	Ulko-ovet	Aurinko-paneelit 3 MWh/a	Lämpöpumput x%/ x% sähkö
3	R0	R3-8	R0	R0	R0	EI	EI
4	R0	R3-8	R0	R9	R0	EI	EI
5	R0	R3-8	R0	R0	R0	KYLLÄ	EI
6	R0	R3-8	R0	R9	R0	KYLLÄ	EI
7	R0	R0	R0	R0	R0	EI	EI
8	R0	R3-8	R0	R0	R0	EI	85%/15%
9	R0	R3-8	R0	R0	R0	EI	95%/ 5%
11	R0	R3-8	R0	R9	R0	KYLLÄ	85%/15%
12	R0	R3-8	R0	R0	R0	EI	EI
13	R1-R2	R0	R0	R0	R0	EI	EI
14	R1-R2	R3-8	R0	R0	R0	EI	EI
15	R0	R0	R0	R9	R0	EI	EI
16	R1-R2	R3-8	R0	R9	R0	EI	EI
17	R0	R3-8	R0	R0	R0	EI	EI
18	R0	R0	R0	R0	R0	EI	EI
19	R0	R3-8	R0	R9	R0	EI	EI

Vaihtoehtojen luokitukset	
Tunnus	Materiaali/ kokoonpano
R0	Nykyinen/vanha rakenne
R1	US-FF-PIR GYL (60+9)
R2	US-FF-PIR 50 mm+koolaus+GN12
R3	YP_V1-Paroc levyvilla
R4	YP_V2-Paroc puhallusvilla
R5	YP_V3-Isover levyvilla
R6	YP_V4-Isover puhallusvilla
R7	YP_V5-Ekovilla levyvilla
R8	YP_V6-Ekovilla puhallus- villa
R9	Ikkunoiden vaihto

Kohteessa olevalle painovoimaiselle ilmanvaihdolle on tarkastelussa käytetty lähtötilanteen osalta LTO yleensä 0 %, koska porraskäytävän huippuimurissa ei saatujen tietojen mukaan ole lämmöntalteenottoa. Muille case tapauksille lämmöntalteenoton oletusarvona on käytetty LTO yhteistilat 60 %, asunnot 75 % ja porrashuoneet 60 %, joka vastaa markkinoilla saatavilla olevien ilmanvaihtokoneiden keskimääräistä LTO arvoa huoneistokohtaisten järjestelmien osalta. Järjestelmien SFP (specific fan power)-luku on kaikissa muissa kuin lähtötilanteen case 18 tapauksessa (SFP 0 kW/(m³/s), käytetty; yhteistilat 0,92 kW/(m³/s), asunnot 1,92 kW/(m³/s), porrashuoneet 0,62 kW/(m³/s) ja ilmanvaihtojärjestelmien osalta 1,81 kW/(m³/s).

Rakennusosien ja TATE yhdistelmien kautta kohteen tarkastelussa on n=83 eri skenaarioyhdistelmää, jotka muodostuvat rakennusosien materiaalivaihtoehdoista sekä energiasimulointien toteutusvaihtoehtojen vertailusta.

4 LCA-arvioinnin tavoite ja järjestelmän raja

Arviointitulokset perustuvat kohteesta saatuihin lähtötietoihin sekä suunnitteluvaiheen suunnitteluasiakirjoihin. Tällöin saatuja tuloksia tulisi peruskorjausvaiheen jälkeisen ajan osalta tarkentaa, joko toteumatietojen tai erillisten mittaustietojen osalta koskien energiankulutusta sekä mahdollisia laajempia korjauksia.

Materiaalimenekkien ja hukkien osalta arvioina on käytetty "Ratu S-1191, Rakennustyön materiaalisat ja -hukat" ja "Rakennustöiden menekit 2020, RATU KI-6035. Kyseisiä arvoja käytetään silloin kun suunnitteluasiakirjoista esim. PTS tai huoltokirja tietoja ei ole saatavilla tai ne ovat puutteellisia.

Arvioinnissa seuraavat elinkaaren vaiheet huomioitiin EN 15804:2012 mukaisesti kts. Taulukko 6. Arvioinnissa otetaan huomioon vain peruskorjausvaiheessa kohteessa käytettävien materiaalien ja tuotteiden aiheuttamat päästöt. Jo olemassa olevat/ nykyiset rakenteet eivät sisälly arviointiin. Rakennuksen peruskorjauksessa aiheutuvien nykyisten materiaalien elinkaaren lopun päästöjä ei ole huomioitu LCA korjausskenaarioiden tuloksiin vaan niiden tuloksia on syytä tarkastella purkukartoituksen avulla.

LCA-arviointi suoritettiin käyttämällä One Click LCA-ohjelmaa sekä takaisinmaksuaikojen osalta Excel pohjia ja kustannuslaskennan osalta Tocoman Kustannuslaskenta ohjelmaa. Tulokset on koottu jäljempänä esitettyihin taulukoihin sekä kuvaajiin. Tulokset kuvaavat elinkaaren aikaisia vaikutuksia 60 vuoden rakennuksen käyttöiällä EU Level(s) mukainen tarkastelu ajanjakso ja 50 vuoden käyttöiällä Ympäristöministeriön arviointimenetelmän mukaisesti. Oletuksena käytetään peruskorjauskohteen osalta, että rakennuksen suunniteltu käyttöikä on 50 vuotta vuodesta 1986 alkaen. Tällöin tarkasteluajanjakson pituudeksi 2021 vuoden suhteen tulee $(1986+50)-2021=15$ vuotta vuoteen 2036 mennessä. Kiinteistönomistajan tieto käyttöiän jatkolle 25 vuotta on, jolloin suunniteltu käyttöikä olisi 60 vuotta rakennuksen elinkaaren lopussa.

Käyttövaiheen osalta tarkoituksena on tuoda esille energiatehokkuuteen vaikuttavien järjestelmien takaisinmaksuaikaa suhteessa säästettyihin päästöihin esim.

aurinkosähkö vs. verkkosähkö suhteessa järjestelmien valmistuksesta aiheutuviin A1-A3 vaiheen päästöihin sekä huoltoon ja ylläpitoon.

Materiaalien ja tuotteiden osalta tarkastelu suoritetaan pääasiassa Tuulentie 3 Talo A osalta vaihdettavien ja kunnostettavien pintojen sekä rakenteiden osalta ilman maatayttöjen tai kaivujen vaikutuksia tontilla.

Taulukko 5. Rakennuksen elinkaaren arvioidut kohdat (merkattu X)

Tuotevaihe			Rakentaminen		Käyttövaihe							Elinkaaren loppu				Rakennuksen elinkaaren ulkopuolelle jäävät hyödyt tai haitat		
Raaka-aineen hankinta	Kuljetus valmistukseen	Tuotteen valmistus	Kuljetus työmaalle	Työmaatoiminnot	Tuotteen käyttö rakennus-	Kunnossapito	Korjaus	Osien vaihto	Laajamittaiset korj.	Energian käyttö	Veden käyttö	Purkaminen	Kuljetukset	Purkujätteen käsittely	Purkujäte loppusijoitus	Uudelleenkäyttö	Talteenotto	Kierrätys
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D	D	D
X			X	X				X	X	X			X				X	

Kuvaus elinkaarivaiheista ja analyysin laajuudesta alla:

Taulukko 6. LCA-vaiheiden kuvaukset

A1-A3 Rakennusmateriaalit	<p>Raaka-ainehuolto (A1) sisältää päästöt, jotka syntyvät, kun raaka-aineet otetaan luonnosta, kuljetetaan teollisuusyksiköihin jalostettavaksi ja jalostetaan. Raaka-aine- ja energiahäviöt otetaan myös huomioon. Kuljetusvaikutuksiin (A2) sisältyvät pakokaasupäästöt, jotka johtuvat kaikkien raaka-aineiden kuljettamisesta toimittajilta valmistajan tuotantolaitokselle, sekä polttoaineiden tuotannon vaikutukset.</p> <p>Tuotantovaikutukset (A3) kattavat koneiden käyttämien tuotantomateriaalien ja polttoaineiden valmistuksen, samoin kuin tuotantoprosesseissa syntyvän jätteen käsittelyn valmistajan tuotantolaitoksissa jätteen loppuun asti.</p>
A4 Kuljetus työmaalle	<p>A4 sisältää pakokaasupäästöt, jotka johtuvat rakennusalan tuotteiden kuljetuksesta valmistajan tuotantolaitokselta rakennuspaikalle, sekä käytetyn polttoaineen tuotannon ympäristövaikutukset.</p>

A5 Rakennus- ja asennuspro- sessi	A5 kattaa pakokaasupäästöt, jotka aiheutuvat energian käytöstä työmaalla, polttoaineen, energian ja veden tuotantoprosessien ympäristövaikutukset sekä jätteiden käsittely jätteen loppuun asti.
B1-B5 Huolto- ja materiaalien vaihto	Kunnossapidon ja materiaalien vaihtamisen ympäristövaikutukset (B1-B5) sisältävät ympäristövaikutukset, jotka aiheutuvat rakennustuotteiden vaihtamisesta niiden käyttöön päättyessä. Päästöt kattavat raaka-ainetoimituksista, kuljetuksesta ja korvaavan uuden materiaalin tuotannosta aiheutuvat vaikutukset sekä korvaavan materiaalin valmistuksen ja jätteiden käsittelyn vaikutukset jätteen loppuun asti.
B6 Energian käyttö	Harkittuihin käyttövaiheen energiankulutuksen (B6) vaikutuksiin sisältyvät pakokaasupäästöt kaikesta rakennustason energiantuotannosta sekä polttoaineen ja ulkoisesti tuotetun energian tuotantoprosessien ympäristövaikutukset. Myös energiansiirtotappiot otetaan huomioon
B7 Veden käyttö	Harkittuihin käyttövaiheen vedenkulutuksen (B7) vaikutuksiin sisältyvät maan veden tuotantoprosessien ympäristövaikutukset ja jäteveden käsittelyn vaikutukset.
C1-C4 Purkaminen	Purkamisen vaikutuksiin sisältyy kierrätettävien rakennusjätevirtojen prosessoinnin vaikutukset kierrätykseen (C3) jätteen loppupäähän saakka tai esikäsittelyn ja kaatopaikalle sijoittamisen vaikutukset jätevirtoihin, joita ei voida kierrättää (C4), materiaalityypin perusteella. Lisäksi dekonstruktiovaikutuksiin sisältyvät jätteiden energian talteenotosta aiheutuvat päästöt.
D Ulkoiset vaikutukset / käyttöön lo- pun edut	Ulkoisiin etuihin sisältyy kierrätettävän rakennusjätteen kierrätyksestä aiheutuvat päästöedut. Uudelleenkäytettyjen tai kierrätettyjen materiaalityyppien etuihin sisältyy neitsytpohjaisen materiaalin korvaamisen kierrätetyllä materiaalilla myönteinen vaikutus ja hyötyä materiaaleille, jotka voidaan ottaa talteen energian avulla, katettava positiiviset vaikutukset muiden energiavirtojen korvaamisessa energiantuotannon keskimääräisten vaikutusten perusteella.

5 Arvioidut vaikutuskategoriat

Taulukko 7. Arvioidut vaikutuskategoriat

Vaikutuskategoria	Yksikkö	Kuvaus
Lämmityspotentiaali GWP-Global warming potential	kgCO ₂ eq	Eri kasvihuonekaasuja vertailtaessa yksikkönä käytetään lämmityspotentiaalia (global warming potential, GWP), joka mittaa yksittäisen kasvihuonekaasun aiheuttamaa lämmitysvaikutusta hiilidioksidiin verrattuna massayksikköä kohti 20 tai 100 vuoden aikana. Tässä tarkastelussa käytössä GWP100.

6 Arviointiin sisältyvät rakennusosat

Taulukko 8. Sisällytetyt rakennusosat arvioinnissa

Rakennusosa	Sisältyy laskentaan	Kommentit
Kantavat rakenteet ja vaippa		
Runko	KYLLÄ	Rakennetyyppien osoittamassa laajuudessa
Välipohjat	EI	
Katto	KYLLÄ	Rakennetyyppien osoittamassa laajuudessa
Portaat	EI	Rakennetyyppien osoittamassa laajuudessa
Ulkoseinät	KYLLÄ	Rakennetyyppien osoittamassa laajuudessa
Ikkunat ja ovet (ulko)	KYLLÄ	Rakennetyyppien osoittamassa laajuudessa
Sisäseinät ja väliseinät	EI	Rakennetyyppien osoittamassa laajuudessa
Ovet (sisä)	EI	
Pintakäsittelyt	KYLLÄ	Rakennetyyppien osoittamassa laajuudessa
Seinien pintakäsittelyt	EI	Rakennetyyppien osoittamassa laajuudessa
Lattioiden pintakäsittelyt	EI	Rakennetyyppien osoittamassa laajuudessa
Sisäkatot (sisältäen pintakäsittelyt)	EI	
Kosteussulut ja höyrönsulut	EI	
Rakennuslaitteet ja kalusteet	EI	
Palokatkot/mansetit ja palokatkomassat	EI	
Kiintokalusteet ja laitteet	EI	
Palvelut	EI	
Märkätilojen ja WC-tilojen kalusteet	EI	
Palvelu- ja huoltokalusteet	EI	
Jätehuolto	EI	
LVI-tekniikka, vesi	EI	
LVI-tekniikka, lämmitys	KYLLÄ	Käytetty keskimääräisiä OneClick LCA arvoja
LVI-tekniikka, ilmanvaihto	KYLLÄ	Käytetty keskimääräisiä OneClick LCA arvoja
Sähköjärjestelmät	EI	
Kaasujärjestelmät	EI	
Hissit	EI	
IT-tekniikka, valvonta CCTV	EI	
IT-tekniikka, viestintä ja tietoverkot	EI	
Muut järjestelmät	EI	
Tontti	EI	
Piha-rakenteet, kaivut ja täytöt	EI	
Viemäri ja sadevesijärjestelmät	EI	
Ulkorakennukset	EI	

7 Ympäristötietolähteet

One Click LCA LCA EN-15978 työkalua käytettiin arvioinnissa. Työkalu tukee CML- metodologiaa ja kaikkia arvioituja vaikutuskategorioita. Kaikki aineistot työkalussa ovat yhte-neviä EN 15804 standardin kanssa. Listaus datalähteistä on kuvattu liitteissä.

Ympäristöselostetietokantoina sekä ympäristöselosteiden hakuehtona pyritään käyttä-mään tuotteita sekä materiaaleja, jotka vastaavat mahdollisimman hyvin niin teknisiltä ominaisuuksiltaan, maantieteelliseltä edustavuudeltaan kuin ajalliselta edullisuudel-taan suunnitteluasiakirjoissa mainittuja tuotteita. Jos tuotteille ei löydy tyydyttävää vastinetta tietokannoista käytetään sille geneerisiä oletusarvoja hiilijalanjäljen ja hiili-kädenjäljen osalta co2data.fi mukaisesti.

Peruskorjauksen jälkeiselle energiakulutustarkastelulle käytetään EU Level(s) sekä YM arviointimenetelmän mukaisia päästöarvoja kaukolämmön sekä verkkosähkön osalta (Rakennusten hiilijalanjäljen arviointimenetelmä, Liite 4 Energiamuotojen päästökertoimet). Vertailun osoittamiseksi päästölaskentaan on otettu mukaan myös verkkosähkön osalta ”vihreä sähkö”, joka koostuu aurinko 10 %, vesi 30 % ja tuuli 60 %.

Kaukolämmön paikalliselle päästöarvolle on käytetty Fortum Power and Heat Oy Joen-suun yksikön päästötietoa (nykyisin Fortum Joensuu Oy) , jonka tieto on saatu OneClick LCA ohjelmasta (tarkemmat lähteet: Kaukolämpötilasto 2019 ja Ecoinvent 3.3). Suo-messa tuotettavan kaukolämmön keskimääräisenä päästöarvona 2020 käytetään ver-tailussa, kun päästöjen ei huomioida vähenevän tulevaisuudessa.

Taulukko 9. LCA arvioinnissa käytettävät kaukolämmön päästöarvot

Kaukolämpö, resurssi	GWP (kg CO ₂ e/ kWh)	Metadatan variaatio (%)
Kaukolämpö 2020 (ei huomioi päästöjen vähenemää)	0,13	+/- 34,60 %
Kaukolämpö 2020–2070 (50 vuoden käyttöiälle)	0,0712	+/- 34,60 %
Fortum Power and Heat Oy, Joensuu	0,13	+/- 20,20 %

Verkkosähkön osalta päästöarvoina käytetään YM arviointimenetelmän mukaisessa arvioinnissa kyseisen arviointimenetelmän tietoja. EU Level(s) mukaisessa tarkastelussa käytetään tietoina verkkosähkön 2020 arvoina YM arviointimenetelmän tietoja, jossa ei

huomioida päästöjen vähenemää. Vihreän sähkön osalta päästöarvona käytetään OneClick LCA tutkimuksen arvoja, jotka koostuvat sähköyhtiö Heleniltä kerättyihin tietoihin sekä Ecoinvent tietokantaan.

Taulukko 10. LCA arvioinnissa käytettävät verkkosähkön päästöarvot

Verkkosähkö, resurssi	GWP (kg CO ₂ e/ kWh)	Metadatan variaatio (%)
Verkkosähkö 2020 (ei huomioi päästöjen vähenemää)	0,12	+/- 28,35 %
Verkkosähkö 2020-2045 (25 vuoden käyttöiälle)	0,0772	+/- 28,35 %
Verkkosähkö 2020-2070 (50 vuoden käyttöiälle)	0,048	+/- 28,35 %
Vihreä sähkö, Suomi (aurinko 10%, vesi 30%, tuuli 60%)	0,0221	+/- 28,35 %

8 Projektin tietolähteet ja oletukset

LCA-laskenta suoritettiin kohteelle käyttämällä One Click LCA ohjelmaa perustuen suunnittelutietoon, joka oli kohteesta saatavilla. Energiankulutuksen sekä skenaarioiden yhteisvaikutuksen tutkimista varten toteuttiin arviointia myös taulukkolaskentana (Excel). Taulukkolaskennassa käytetyt päästöarvot ja EPD tiedot on siirretty One Click LCA:sta.

Pääasiassa projektin lähtötietodokumentit ovat 2D-kuvia ja PDF-asiakirjoja. Kohteesta oli saatavilla Talo A osalta inventointimalli, joka pohjautui kohteen suunnitteluasiakirjoihin. Tiedot koottiin tietomalleista määräluetteloiksi siirtäen OneClick LCA malliin pääasiassa seinien, välipohjien ja kattopintojen pinta-aloja ja kertomalla kyseiset alat rakennetyyppikohtaisilla materiaalipaksuuksilla. Tietomallin kuutiomääriä käytettiin myös itselle tarkastuksessa arvioitaessa tuloksien luotettavuutta. Ikkunoiden ja ovien osalta käytettiin niiden yhteenlaskettuja pinta-aloja sekä käyttämällä tälle tietokannoista olevaa lähintä EPD vastinetta teknisten ominaisuuksien osalta.

Huomioitavia tekijöitä LCA arvioinnin osalta:

- A1-A3 arvot ovat käyttäjän itsensä syöttämiä, tietojen luotettavuusasteeseen vaikuttaa tällöin mm. lähtötiedot, laskijan kokemus, käytettävissä oleva aika sekä asetettu arvioinnin tarkkuustaso
- A4 vaihtoehdolle voidaan käyttää ohjelman ehdottamia arvoja tai syöttää käyttäjän asettamat tiedot
- B4-B5 vaiheille voidaan käyttää tuotekohtaisia tietoja tai kansallisia arvoja (Rakennusosien käyttöiät RT 18-10922 "Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajaksot" mukaan.)
- B6 osalta tietojen luotettavuus on riippuvainen energiaselvityksen tarkkuustasosta sekä päivityksistä suunnittelun edetessä
- C1-C4 nämä tiedot ovat ohjelman itsensä syöttämiä ja käyttäjä ei voi itse vaikuttaa näihin. Eli jos tiedetään, että tulevaisuudessa materiaalin hyödynnettävyys on todennäköisesti suurempi kuin nykyhetkellä sitä ei pysty ohjelman nykyversioon syöttämään.

Elinkaaren lopussa (C) olevat skenaariot on tässä tapauksessa määritetty ei tyydyttävälle tasolle lähtötietojen arvioinnin osalta, koska käyttäjä ei voi määrittää näitä

skenaarioita itse laskentaohjelmassa. Käyttäjän mahdollisuutena on ainoastaan ilmoittaa, onko käytetty materiaali tai tuote A1–A3 vaiheen osalta uusiokäytettyä.

Tämä johtaa siihen, että OneClick LCA ohjelma käyttää tämän elinkaaren vaiheen arviointiin tietoja, joita ei ole riittävällä varmuudella osoitettu tuloksissa mm. arviointitavan osalta. Tutkittaessa asiaa tarkemmin heidän sivuiltaan sekä heidän asiakastuolta kysyttäessä on siellä viitattu yleiseen tutkimustietoon. Tämä tutkimustieto voi kuitenkin olla kerätty maantieteellisesti erilaiselta alueelta, jossa menettelytavat jätehuollon sekä menetelmien osalta voivat olla eriävät Suomen jätehuoltojärjestelmään verrattaessa.

Huom! Arviointiin ulkopuolelle jätettävät rakennusmateriaalit saavat kattaa alle 1 % rakennuksen kokonaismassasta tai energian kulutuksesta, mutta tarkastelun ulkopuolelle jätetyt materiaalit kokonaisuudessaan eivät saa silti ylittää 5% rakennuksen kokonaisenergian kulutuksesta tai massasta (EN15804/EN 15978). Materiaalien rajausta ei saa kuitenkaan käyttää tulosten salailuun tai peittämiseen, joka on mainittu standardissa lauseella “all inputs and outputs to a (unit) process shall be included in the calculation, for which data are available”

Taulukko II. Analyysialue ja kuvaus

Analyyssialue	Datalähteet
Materiaalimäärät (A1–A3)	2D- dokumentit (ARK-RAK-kuvat) sekä asiakirjat mm. rakennusselostukset
Rakennusmateriaalin kuljetusäisyydet (A4)	Erillistä tietoa ei ollut, joten kuljetusmatkana käytetty 300 km. Pois lukien valmisbetoni, jolle 70 km. Todellisuudessa kuljetusmatka voi olla suurempi, jos tuote ei ole tullut suoraan tehtaalta työmaalla vaan kulkenut välivarastojen kautta. (Lähde: www.eebguide.eu)
Rakennus ja asennusprosessi (A5)	Käytetty laskennassa neliökohtaisia oletusarvoja
Materiaalin käyttöikä (B1–B5)	Rakennusosien käyttöiät RT 18-10922 “Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitojaksot” mukaan.
Energian kulutus (B6)	Energiankulutuksen arvot saatu energiaselvityksestä, jonka suorittaja alkuvaiheen osalta CASE18 Karelia AMK Jari Kuusisto
Veden kulutus (B7)	Vedenkulutuksen arviota ei ole saatavilla
Elinkaaren loppu ja purkuvaihe (C)	OneClick LCA ohjelman mukaiset skenaariot elinkaaren lopussa, joihin käyttäjä ei voi itse vaikuttaa muuten kuin antamalla materiaalmäärät

Rakennuksen elinkaaren ulkopuolelle jäävät hyödyt tai haitat (D)	Tuotteen tai materiaalin ympäristöselosteessa mainitut tiedot hiilivarastoille, betonin karbonisoituminen syötettävä erillistietona OneClick LCA osalta.
---	--

Taulukko 12. Lähtötietojen arviointi (Ympäristöministeriö.2019. Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu. Excel)

Elinkaaren vaiheet	Teknologi- nen edustavuus	Maantieteellinen edustavuus	Ajallinen edustavuus	Epävarmuus	Vähimmäisvaatimukset
A1-3	2	2	2	2	Tiedot min.tasoa 2
A4	2	3	0	0	Maantieteellinen edustavuus oltava tasoa 3
A5	0	2	0	0	Maantieteellinen edustavuus min. tasoa 2
B3-4	2	2	1	1	Maantieteellinen edustavuus min. tasoa 2
B6	2	3	2	2	Tiedot min. tasoa 2
C1	1	1	1	1	Ei minimitasoja
C2	1	1	1	1	Ei minimitasoja
C3	1	1	1	1	Ei minimitasoja
C4	1	1	1	1	Ei minimitasoja
D	1	1	1	1	Ei minimitasoja

Taulukko 13. Tietojen laatu (Ympäristöministeriö.2019. Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu. Excel)

Tietojen laadun arvioinnissa käytettävä pisteytys				
	0	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)

Muut oletukset laskennassa:

Laskettaessa LCC-kustannuksia tullaan vuotuisina huoltokustannuksina käyttämään Tocoman Kustannuslaskenta ja Kustannustieto tietokanta-arvoja, jos niitä on saatavilla. Muussa tapauksessa käytetään keskimääräisiä tietoja neliötä kohden sekä tuotekohtaisten hintojen osalta OneClick LCA oletusarvoja. Kyseiset oletusarvot sisältävät tuotteen/materiaalin markkinahinnan, työ kustannukset, paikalliset kustannusindeksit ja työkohtaiset indeksit.

Materiaalien osalta on käytetty saatavilla olevia EPD-tietoja tuotteille. Pääasiassa käytetyt tietokannat ovat RTS (<https://epd.rts.fi/fi>) tai Norjaan hyväksytyt EPD:t. Laatoille ja tiililaatoille on käytetty Ranskan, Italian ja Saksan tietokantoja. Pääasiallisen valintakriteeriä toimivat tuotteen teknisten ominaisuuksien samankaltaisuus. One Click LCA käyttää tietokantoina eri maiden tietokantojen yhdistelmiä mm. Ecoinvent sekä Gabi. Halutessaan käyttäjä voi syöttää myös itse tietokantaan materiaalien sekä tuotteiden EPD-tietoja jos niitä ei ole tietokannoissa (vaatii erillisen lisenssin käytettäessä OneClick LCA ohjelmaa vaihtoehtoisesti SimaPro tai GaBi).

Jos halutaan käyttää valmistajakohtaisia/ tuotekohtaisia tietoja, suositellaan tuotteen valmistajalle laitokohtaisen EPD:n hankintaa esim. RTS- EPD.

9 Arviointikohteen korjaustoimenpiteet

Materiaalien ja tuotteiden keskimääräiset huolto- ja kunnossapito sekä tuotteiden vaihtovälit perustuvat saatavilla olevaan kirjallisuuteen sekä Suomessa ” RT 18-10922, Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajaksot” ohjeeseen. Kohteesta ei ole laadittu vuodelta 1986 olevaa huoltokirjaa. WSP laatimassa kuntoarviossa on sen sijaan annettu suuntaviivoja PTS (pitkän tähtäimen suunnitelma) tulevista toimenpiteistä. Seuraavat kohdat ovat otteita WSP Finland Oy, Harri Syrjälän laatimasta kuntoarviosta, jonka toimenpiteet koskevat Tuulentie 3 Taloa A ja B:

Osa toimenpiteistä toteutetaan jo peruskorjauksen aikana vuonna 2021, joiden tarkempi erittely osoitetaan materiaalmäärien sekä määräluetteloiden osalta liitteissä.

9.1 Rakennustekniikka

Toimenpiteet 5 vuoden aikana

- Nurmi- ja istutusalueiden uusiminen rakennusten ympärillä
- Salaojajärjestelmän uusiminen
- Perusmuurien ulkopuolinen vedeneristys
- Perusmuurien kuorielementtien elastisten saumojen uusiminen
- Julkisivujen lautaverhousien huoltomaalaus
- Ikkunoiden kunnostaminen
- Ulko-ovien kunnostaminen
- Parvekeovien kunnostaminen
- Parvekkeiden peruskunnostus
- Peltikatteen huoltomaalaus
- Räystäskourujen ja syöksytorvien uusiminen
- Pakkausmuovien poistaminen yläpohjasta
- Räystäiden aluslaudoitusten kunnostaminen ja huoltomaalaus
- Vinyylilaattalattiapinnoitteiden uusiminen
- Kellaritilojen kevyiden väliovien uusiminen
- Saunaosaston peruskorjaus
- Asuntojen muovimattopinnoitteiden uusiminen
- Asuntojen väliovien uusiminen

- Kerrostaso-ovien uusiminen
- Asuntojen kylpyhuoneiden peruskorjaus
- Asuntojen vakiokiintokalusteiden uusiminen

9.2 LVIA- järjestelmät

Toimenpiteet 5 vuoden aikana

- Lämmityksen ja vesijohtojen linjansäätö- ja sulkuventtiileiden uusiminen alajakokeskuksen uusimisen yhteydessä
- Ilmavirtojen säätö- ja mittaustyö sekä ilmakehävien puhdistus
- Alkuperäisen SAVE-järjestelmän johdotusten ja laitteiden purkutyö
- Patteriventtiileiden uusintatyö ja toimilaitteiden asennustyö
- Lämmitysverkoston perussäätötyö
- Vesijohtojen ja -kalusteiden uusinnat pesuhuone-, keittiö- ja wc-tilojen peruskorjauksen yhteydessä
- Saunaosaston ilmanvaihtotekninen peruskorjaus
- Poistoilman huippuimurin/imureiden uusintatyöt
- Jauhesammuttimien hankinta yleisiin tiloihin (vahva suositus)

Toimenpiteet 10 vuoden aikana

- Kaukolämmön alajakokeskuksen yksittäisten kulutusosien uusintatyöt

9.3 Sähkö- ja telejärjestelmät

Toimenpiteet 5 vuoden aikana

- Uusitaan ulkopuolen valaisimet valotehokkaiksi
- Valaistuksen uusinta energia- ja valotehokkaampaan
- Uusinnassa huomioidaan liikkumiseen perustuva valaistustaso-ohjaus
- Autonlämmityskoteloiden uusinta vikavirtasuojattuihin, uusinnan yhteydessä huomioidtava sähköautojen latausmahdollisuus
- Uusitaan keskuksat peruskorjauksen yhteydessä
- Keskuksia uusittaessa uusitaan myös syöttävät johdot 5-napaisiksi
- Elinkaariuusinta peruskorjauksen yhteydessä ryhmäjohtoille
- Kiuas ohjauskeskuksineen suositellaan vaihdettavaksi peruskorjauksen yhteydessä
- Asuntojen antennikaapeloinnit suositellaan uusittavaksi
- Puhelinkaapeloinnin muuttaminen yleiskaapeloinniksi

10 Yksityiskohtaiset arviointitulokset energiasimulointien ja GWP osalta

10.1 Energiasimulointien tulokset

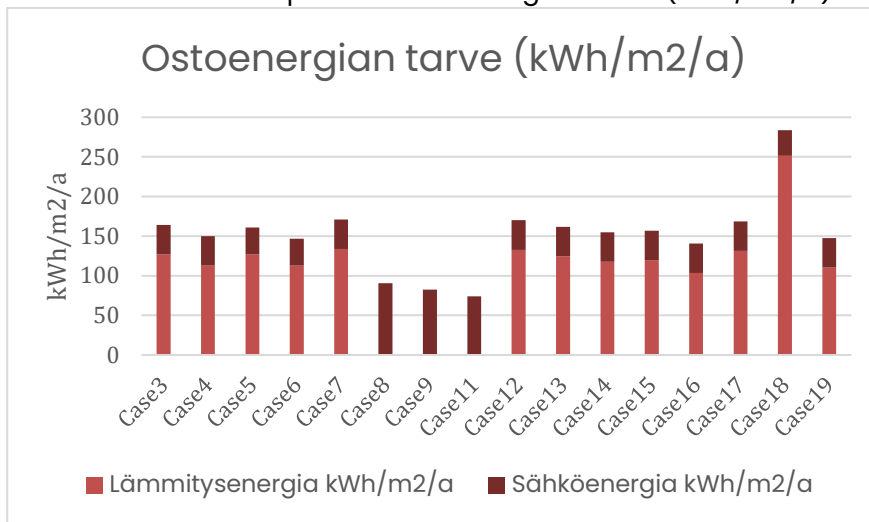
Laskennassa huomioitiin skenaariokohtaiset (CASEt) energiaselvityksen sekä simuloinnin kautta saadut ostoenergian määrät, jotka yhdenmukaistavat kohteiden sääolosuhteet vastaamaan Jyväskylän säävyöhykkeen (vyöhyke III) vuoden 2012 säädäntävertailuarvoja. Lähtötietoja täydennettiin Ympäristöministeriön energialaskentaohjeiden mukaisilla standardi- ja oletusarvoilla, mm. valaistuksen ja kuluttajalaitteiden ja lämpimän käyttöveden energian kulutus neliötä kohden.

Tällöin energiankulutuksen arvot ovat keskenään vertailukelpoisempia haluttaessa tarkastella energiatehokkuuden saavuttamiseksi haluttuja ratkaisuja. Ympäristöministeriön arviointimenetelmästä poiketen kaukolämmölle valittiin tarkasteluun myös paikkakuntakohtaiset kaukolämpölaitoksen päästöarvot case tapausten osalta, koska näihin päästöihin on mahdollista vaikuttaa kiinteistön mm. lämmitysmuotojen valinnalla. Uudisrakennuskohteesta poiketen tarkastelussa on kiinnitettävä kuitenkin vahvemmin huomiota takaisinmaksu-aikaan, jonka tulee olla suhteutettu rakennuksen jäljellä olevaan käyttöikänsä nähden. Jos tehtävä toimenpide osoittautuu investointikustannuksien ja mahdollisen tulevan säästön vertailun osalta peruskorjauskohteen jäljellä olevan käyttöikänsä jälkeiseen ajankohtaan ei sitä voida tällöin nähdä potentiaalisena toimenpiteenä kustannuksien osalta. Vaikka toimenpide pienentäisikin osaltaan rakennuksen energiankulutusta ja GWP-päästöjä.

Energiasimuloinneissa Case 18 toimii nykyisen rakennuksen energiatehokkuuden lähtötasona, johon nähden muita case tapauksia tullaan vertaamaan energiatehokkuuden, energiatodistusluokituksen (E- luku kWhE/m²) ja ostoenergian osalta (MWh/a). Simuloinnissa oletetaan, että taloteknisten järjestelmien mm. lämmöntalteenotto säilyy tarkasteluajana samana. Lämmöneristeiden oletetaan myös säilyttävän asennushetkellä vastaavat tekniset ominaisuutensa eikä rakenteisiin aiheudu ilmavuotoja tai

lämmöneristävyyttä heikentäviä tekijöitä tarkastelu ajanjaksona. Ostoenergian osalta energiasimuloinneissa ei oleteta käytettävän jäähdytysenergiaa. Vaihtoehtojen keskinäinen sijoittuminen ostoenergian suhteen on nähtävissä Taulukko 15, josta voidaan huomata pienimmän kokonaisostoenergian olevan vaihtoehdolla Case 11. Suurin kokonaisostoenergia on luonnollisesti perustapauksella Case 18, jonka kokonaisostoenergian suuruutta saadaan pienentämällä jo pelkällä tiiveyskorjauksella puoleen (Case 7).

Taulukko 14. Case tapausten ostoenergian tarve (kWh/m²/a)



Energiatehokkuuden luokitteluaasteikko muodostetaan käyttötarkoituusluokkien mukaisesti, jolloin Talo A:n energiatehokkuusluokka on E (Case 18: 165 kWhE/m²/a) alla olevan Taulukko 16 mukaisesti. Saatu tulos on linjassa myös saman aikakauden lämmitysenergian kulutuksen kanssa asuinkerrostaloissa, jotka ovat vuosina 1980–1989 rakennetuille kerrostaloille 165 kWh/m². On kuitenkin huomattava, että tässä tutkimuksessa energiatehokkuusluokka on Jyväskylän säädäntä mukainen. Kyseinen säädäntä eroaa osittain Helsingin säädäntästä, joka on otettava huomioon vertailussa. Vaikutus on E-luvun osalta keskimäärin 5–10 % pienempi Helsingin säädäntällä verrattuna Jyväskylän säädäntällä tehtyyn E- lukuun. Esimerkiksi Case18 tapauksen osalta E- luku: Helsinki 149 kWhE/m²/a ja Jyväskylä 165 kWhE/m²/a (ero noin 11 %). Energiatehokkuusluokan osalta Talo A sijoittuu keskimääräistä huonompaan luokkaan kuin saman aikakauden rakennukset, joista D- luokan saavuttaa 59 %. Peruskorjausvaiheessa tehtävät toimenpiteet nostavat yleisesti energiatehokkuusluokan tasolle C ja yksittäisten case tapausten osalta B luokkaan, joka on keskimäärin saavutettavissa vain 10 %:lla uusittuja tai korjattuja asuinkerrostaloja. (Pitkän aikavälin korjausrakentamisen strategia 2020–2050. 2020. s.17–18).

Taulukko 15. Energiatehokkuuden luokitteluasteikko, käyttötarkoitus 2 asuinkerrostalot (Energia-
todistusopas 2018, 14)

Energiatehokkuusluokka	E- luku (kWhE/m ² /a)
A	E- luku ≤75
B	76 ≤ E- luku ≤100
C	101 ≤ E- luku ≤ 130
D	131 ≤ E- luku ≤ 160
E	161 ≤ E- luku ≤ 190
F	191 ≤ E- luku ≤ 240
G	241 ≤ E- luku

Pelkällä tiiveyskorjauksella ja ilmanvuotoluvun parantamisella (case 7) on E lukua -32 % pienentävä vaikutus (-53 kWhE/m²/a), mutta pelkällä yläpohjan lisälämmöneristämällä saavutetaan sama vähennys. Case tapausten välillä olevat eroavaisuudet ovatkin vain 53 kWhE/m²/a sisällä energiasimulointien osalta, kun käytetään ainoastaan rakennusosien teknisten ominaisuuksien parannuksia. Ainoan poikkeuksen muodostaa Case 5, joka huolimatta aurinkopaneelijärjestelmän sekä yläpohjan lämmöneristykseen lisäämisestä sijoittuu huonommin vertailussa muihin aurinkopaneeleilla varustettuihin case tapauksiin (case 6 ja 11).

Taulukko 16. Case tapausten E- luvun koonti

Koontitaulukko E- luku	
Tapaus	E-luku, kWhE/m ² /a
Case3	109
Case4	102
Case5	105
Case6	98
Case7	112
Case8	109
Case9	99
Case11	89
Case12	112
Case13	107
Case14	104
Case15	105
Case16	97
Case17	111
Case18	165
Case19	100

Case tapaukset 8,9 ja 11 sisältävät peruskorjauksen yhteydessä lisättävät lämpöpump-
pujärjestelmät, yläpohjan lisälämmöneristämisen sekä tiiveyskorjauksen. Case 11 sisäl-
tää lisäksi myös ikkunoiden vaihdot sekä aurinkopaneelijärjestelmän asentamisen. Pie-
nin E-luvun vähennys -34 % saavutetaan case 8 (E-luku 109 kWhE/m²/a) tapauksessa,
jossa lämpöpumppujen/ sähkön osuus on 85 %/15 %. Toisaalta yhdistämällä laajempia
toimenpiteitä case 11 tapauksessa saavutetaan E- luvun osalta jo lähes puolet pie-
nempi E-luku lähtötilanteeseen nähden kts. Taulukko 17.

Keskinäisessä case tapausten vertailussa pienin E- luku saadaan saavutettua yhdistä-
mällä laajasti rakennusosien lämmöneristävyyden parannuksia, TATE parannuksia sekä
omavaraisen energiantuotannon lisäämistä. Toisaalta panostamalla ulkovaipan ra-
kennusosien (ulkoseinät, ikkunat ja yläpohja) lämmöneristävyyteen voidaan saavuttaa
lähes sama energiatehokkuuden parannus kuin TATE järjestelmien parannuksella kts.
Taulukko 18 .

Taulukko 17. (pienin sijoitus osoittaa pienintä E- lukua)

Sijoitus	Tapaus	E-luku, kWhE/m ²
1	Case11	89
2	Case16	97
3	Case6	98
4	Case9	99
5	Case19	100
6	Case4	102
7	Case14	104
8	Case5	105
9	Case15	105
10	Case13	107
11	Case3	109
12	Case8	109
13	Case17	111
14	Case7	112
15	Case12	112
16	Case18	165

Suurimmat energiatehokkuutta edistävät toimenpiteet voivatkin nostaa energiatehokkuusluokituksen B luokkaan (caset 11, 16, 6, 9 ja 19), mutta yleisesti voidaan saavuttaa C luokka myös tiiveyskorjauksella (caset 4,14,5,15,13,3,8,17,7 ja 12).

”4/13 Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä” ja ”7§ E- luku vaatimus rakennusluokittain” vaatimuksen energiatehokkuuden parantamisen osalta kun se on teknisesti ja taloudellisesti järkevää. E- luvun vaadittu arvo on pienempi kuin 0,85 xE-laskettu asuinkerrostalojen osalta. Talo A osalta E- vaadittu on tällöin $0,85 \times 165 \text{ kWhE/m}^2 = 140,25 \text{ kWhE/m}^2$, joka täyttyy kohteen osalta.

On kuitenkin huomattava, että asetus 4/13 ”8§ Vaihtoehtoiset tavat energiatehokkuuden parantamiseksi” antaa muitakin vaihtoehtoja energiatehokkuuden parantamiseksi vaatimusten osalta, jolloin voidaan saavuttaa vaatimustaso pelkästään rakennusosien parannuksilla.

Luvanvaraiseen rakennushankkeeseen ryhtyvän on valittava rakennusosien tai rakennuksen energiatehokkuuden parantamiseksi jokin seuraavista vaihtoehtoista:

- 1) rakennus täyttää peruskorjattavien, uudistettavien ja uusien rakennusosien osalta 4 §:ssä säädetyt rakennusosakohtaiset vaatimukset;*
- 2) rakennuksen energiankulutus on enintään 6 §:ssä säädettyjen vaatimusten mukainen;*

3) rakennuksen kokonaisenergiankulutus on enintään 7 §:ssä säädettyjen vaatimusten mukainen.

Rakennuksen teknisten järjestelmien peruskorjauksessa, uudistamisessa ja uusimisessa sovelletaan 5 §:n mukaisia vaatimuksia riippumatta rakennusosaa tai rakennusta koskevan 1 momentissa tarkoitetun vaihtoehdon valinnasta.

(4/13 Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä, 8§ Vaihtoehtoiset tavat energiatehokkuuden parantamiseksi, 3)

Toisaalta haluttaessa anoa 2021 vuoden mukaista ARA energia- avustusta on saavutettava 20 % parempi taso kuin mitä vaaditaan rakennuksen energiatehokkuuden parantamisen osalta 4/13 pykälässä. Tällöin raja-arvo E- luvun osalta on energiatodistuksen saamiseksi $Elaskettu \times 0,85 \times 0,80 = 165 \text{ kWhE/m}^2 \times 0,85 \times 0,8 = 112,2 \text{ kWhE/m}^2$. Kyseinen raja-arvo voitaisiin saavuttaa tällöin jopa pelkällä yläpohjan lisälämmöneristämällä tai tiiveyskorjauksella (caset 12 ja 7) yhdistettynä TATE LTO 75 % tai 65 % tasolle parannukseen. Kärjistetysti voidaan sanoa, että avustuksen saamisen kannalta edullisin peruskorjauskohde olisi sellainen, jonka lämmöneristävyys olisi lähes nykymääräysten tasolla, kiinteistö olisi painovoimainen sekä tiiveys olisi tavanomaisella tasolla.

10.2 LCA elinkaariarvioinnin tulokset

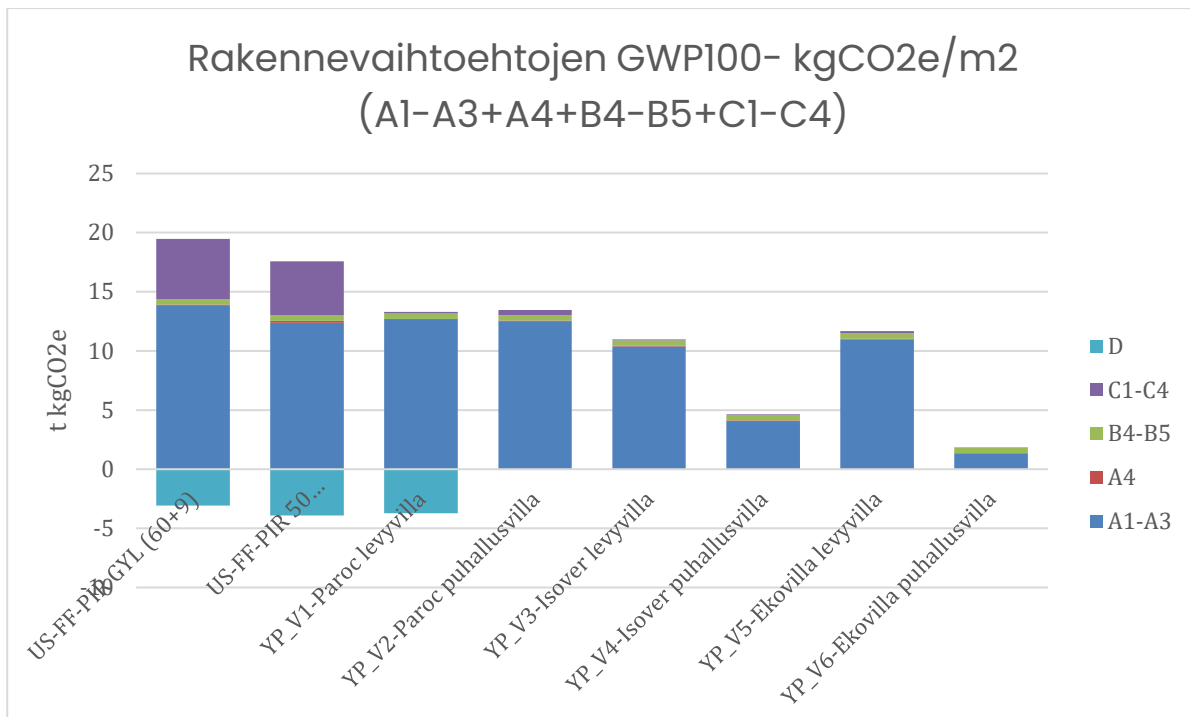
GWP100

Rakennuksen suunnittelun käyttöiän ollessa 50 vuotta (vuosi 2036) ja odotetun käyttöiän 60 vuotta (vuosi 2046) saadaan elinkaariarviointi ajanjaksoksi 15 ja 25 vuotta. Tarkastelu ulotetaan kuitenkin myös 50 vuoden ajanjaksolle (vuosi 2071), jolla saadaan havainnollistettu skenaarioiden keskinäisten erojen tasoittumista.

Energiankulutuksen (B-vaihe) ja tuotevaiheen (A-vaihe) valintojen optimoinnilla on mahdollisuus saada aikaan suurimpia GWP (kgCO₂e) vähennyksiä juuri peruskorjaushankkeen alkuvaiheessa, mutta hyödyt tasoittuvat pidemmällä aikavälillä. Tarkasteltaessa peruskorjaushankkeen A1-A3 elinkaarivaiheiden toimenpiteitä jätettiin pois osa detaljitason tiedoista. Kyseisiä laskennan ulkopuolelle jätettäviä tietoja olivat rakennuskiinnikkeiden määrät (naulat sekä ruuvit), koska näiden osuus olisi ollut massaltaan merkityksetön ja määrät olisivat perustuneet osaltaan laskijan henkilökohtaisiin arvioihin.

Rakennusosien ja materiaalien hiilinieluja/hiilivarastoja ei huomioida GWP:tä alentavina tekijöinä vaan niiden vaikutukset rajataan laskennan ulkopuolelle. Nämä hiilinielut/hiilivarastot tuodaan esille rakennuksen elinkaaren D vaiheessa (Rakennuksen elinkaaren ulkopuolelle jäävät hyödyt tai haitat). Päästökompensointeja onkin useissa EU-jäsenvaltioissa ollut tarkoitus käyttää tulevaisuudessa osana rakentamisen ohjausta haluttaessa lisätä ympäristöystävällisempien materiaalien käyttöä.

Talo A osalta voidaan saavuttaa suurimmat A1-A3 tuotteiden päästöjen vähennykset käyttämällä uusiutuvia puukuituisia puhallusvillaeristeitä yläpohjan lisälämmöneristysenä. Muita vaihtoehtoisia yläpohjan lisälämmöneristysmateriaaleja ovat mineraalivillapohjaiset (lasi- ja kivivilla) eristeet. Vähäpäästöisimmän puukuitupohjaisen ja mineraalivillapohjaisen puhalluslämmöneristeen päästöjen yhteenlaskettu ero on lähes +150 % (1,76 kg CO₂e/m² Ekovilla puhallusvilla ja 4,41 kg CO₂e /m² Isover puhallusvilla). Levyvillojen osalta tilanne on kuitenkin päinvastainen lasivillan ollessa puukuituista eristettä vähäpäästöisempi lähes 7 % (Isover levyvilla 10,44 kg CO₂e/m² ja Ekovilla levyvilla 11,087 kg CO₂e /m²). Rakennusosa vaihtoehtojen päästöt ovat lopulta hyvin tasaiset neliökohtaisessa tarkastelussa (ks. kuvio 1) ja kokonaispäästöjen erot korostuvat suuremmilla lämmöneristettävillä pinta-aloilla.



Kuvio 1. Rakennevaihtoehtojen GWP kg CO₂e/ m²

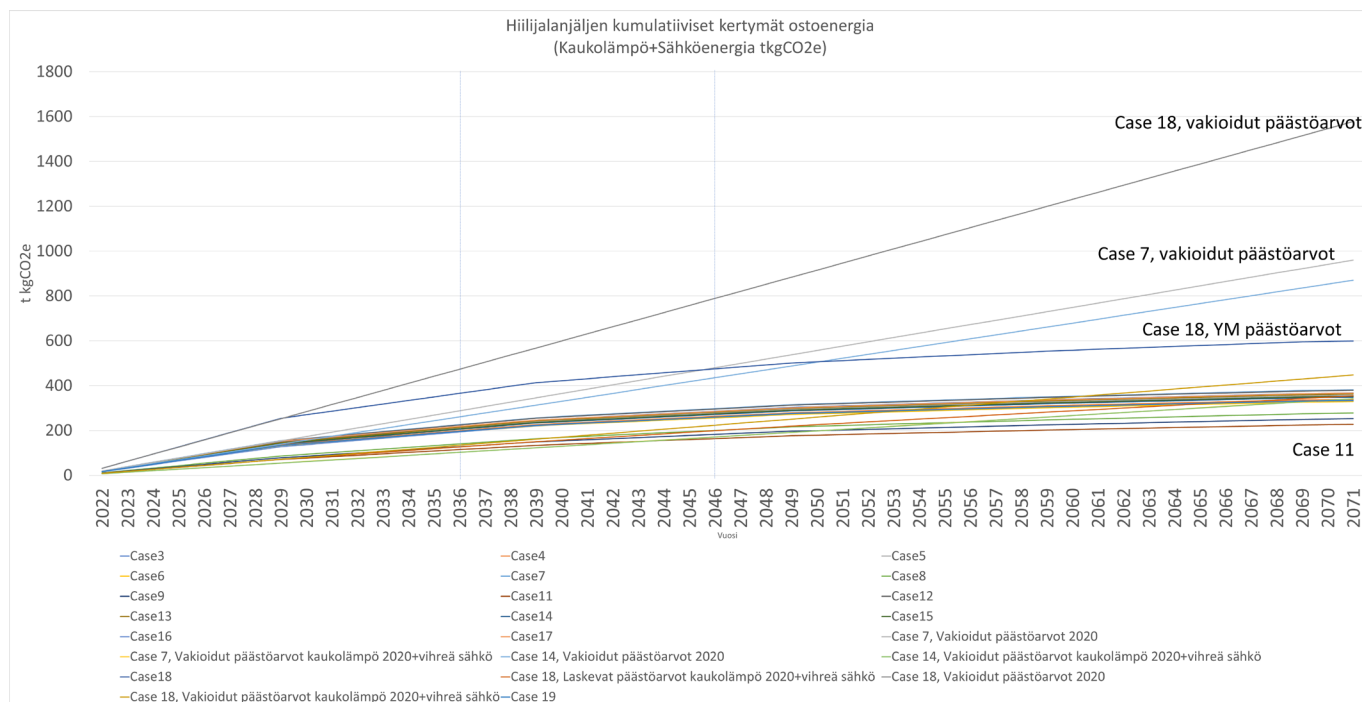
Ulkoseinien sisäpuolisen lämmöneristämisen sekä tiiveyden parantamisen osalta tuotteet rajoittuvat FF-PIR levyyn käyttöön, koska muuten ei saavuteta haluttua U-arvoa ulkoseinän osalta ilman rakennepaksuuden suurentamista. Kyseinen rakennepaksuuden kasvattaminen vähentäisi osaltaan huoneistoneliöiden määrää. Tällöin tarkasteluun on otettu mukaan FF-PIR levyrakennevaihtoehto, jossa kipsilevy on jo valmiina eristeessä liimattu vs. koolaus+ erillinen kipsilevytys. Sisäpuolisen lämmöneristämisen kannalta erillisellä koolauksella sekä levytyksellä ei ole merkittävää vaikutus A1-A3 päästöihin käytettäessä sahatavarakoolausa. Huomioitavaa on, että valmiiksi kipsilevytettyä FF-PIR levyä ei ole saatavana paksuuden osalta ohuempana kuin 60 mm. Arvioinnissa ikkunoiden päästöarvona on käytetty PihlaGroupin Eskolan puu- alumiini ikkunaa (U-arvo= 1,0 ja EPD: RTS_36_19), jonka kokonaispäästöt ovat 122,16 kg CO₂e/ m² ja biogeeninen hiilivarasto 24,33 kg CO₂e/ m².

Rakennuksen elinkaaren B käyttövaiheen ja "B6 Energian käyttö" osalta arviointi tehdään case tapauksille ostoenergian osalta. Tavoitteena on tuoda esille päästöjen kumulatiivisen kertymän avulla takaisinmaksuaikaa päästöjen vähentämisen osalta. Ilmastonlämpenemispotentiaali (GWP) arvoina käytetään tarkastelussa aikaisemmin mainittuja päästöarvoja kohdan "7 Ympäristötietolähteet" mukaisesti kaukolämmön ja verkkosähkön osalta. B6 vaiheen arviointi suoritetaan käyttäen alla olevia skenaarioita:

- Energiantuotannon päästöjen ei oleteta vähentyvän tulevaisuudessa ja päästöt pysyvät nykyisellä tasolla (2020).
- Ostoenergian osalta siirrytään vihreän verkkosähkön käyttöön (aurinko 10 %, vesi 30 %, tuuli 60 %), mutta kaukolämmön päästöt pysyvät nykyisellä tasolla (2020)
- Ostoenergian osalta siirrytään vihreän verkkosähkön käyttöön (aurinko 10 %, vesi 30 %, tuuli 60 %) ja kaukolämmön päästöjen oletetaan vähenevän YM arviointimenetelmän mukaisesti
- Ympäristöministeriön arviointimenetelmän mukaiset energian päästöarvot, joissa oletuksena on energiantuotannon päästöjen vähentyminen tulevaisuudessa.

Tarkasteluajanjakson alussa muodostuvat peruskorjauskohteen energiankulutuksen päästöt nykyisestä energiankulutuksen tasosta, johon päästään vaikuttamaan vasta tehtyjen toimenpiteiden. Alla olevassa kuviossa ylimpänä näkyvä viiva osoittaa lähtötapausta, jossa toimenpiteitä ei ole tapahtunut energiantuotannon päästöjen tai rakennuksen rakennusosien tai TATE järjestelmien osalta. Päästöt vähentyvät kuitenkin

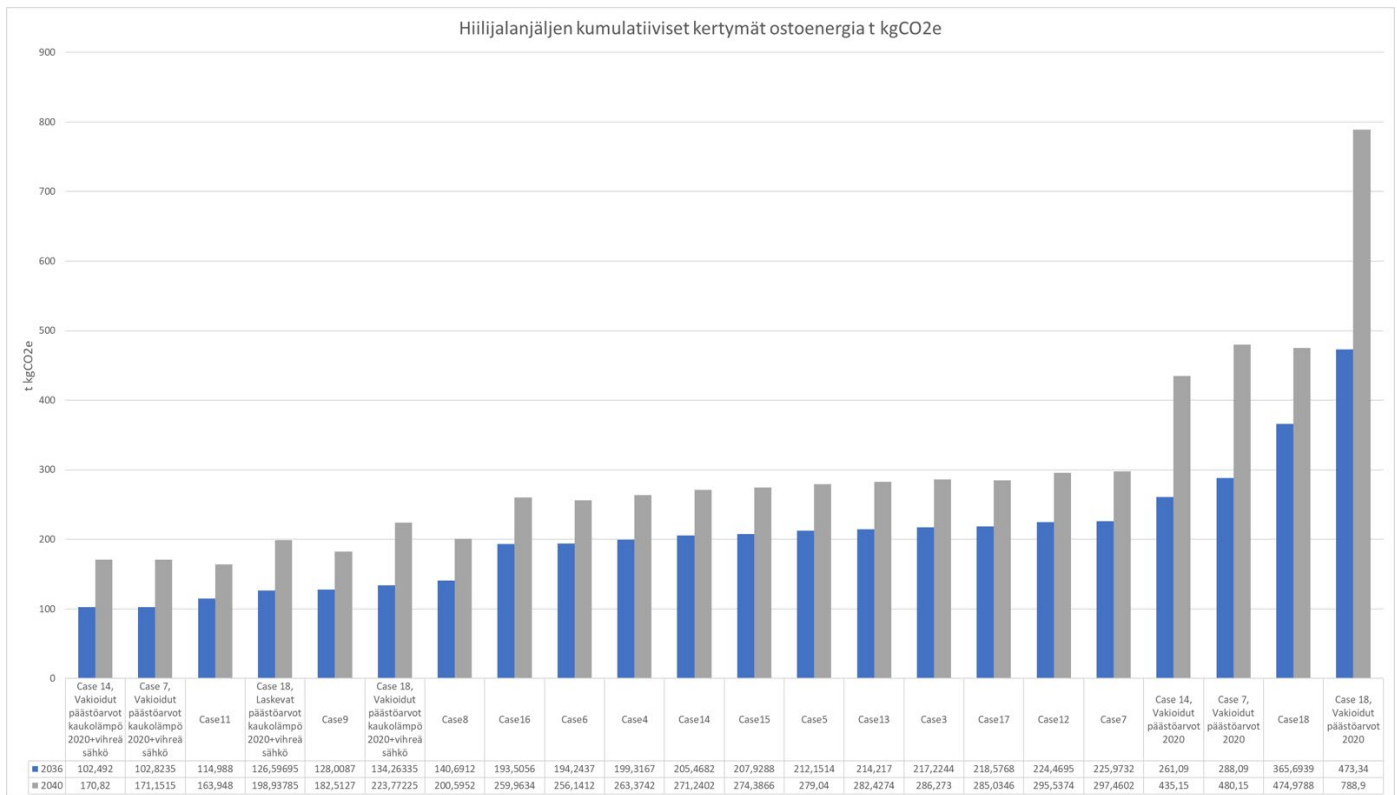
osaltaan energiantuotannon päästöjen vähentyessä kuten voidaan nähdä "Case 18" YM päästöarvojen osalta. Keskinäiset erot kuitenkin tasaantuvat juuri energiantuotannon yleisten päästöjen vähentyessä ks. kuvio 2.



Kuvio 2. Hiilijäljen kumulatiiviset kertymät ostoenergian osalta Case tapauksissa

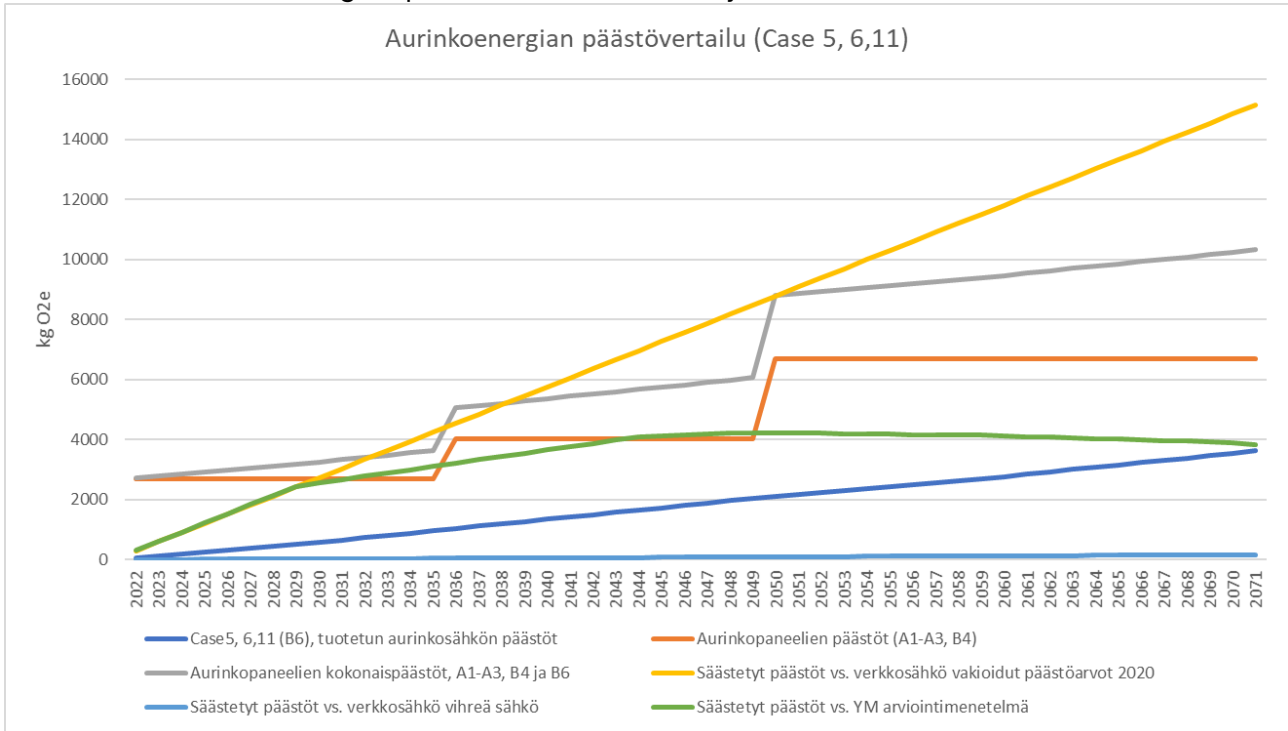
Toimenpidevaihtoehdot, jotka hyödyntävät TATE sekä aurinkopaneeleja saavuttavat vähäisemmät päästöt keskimäärin (Case 6, 8, 9 ja 11). Pelkkä aurinkopaneelien lisääminen ei kuitenkaan ole riittävä toimenpiteiden vaan tarvitsee rinnalle myös yläpohjan lisälämmöneristämisen sekä esim. ikkunoiden vaihdon.

Päästöjen vähentämisen kannalta kaikista vähäisimmät investoinnit vaativa toimiva toimenpide olisi rakennuksen tiiveyden parantaminen ja yleisellä tasolla riippumatta skenaariosta vihreään sähköön siirtyminen. Kyseinen tekijä voidaan huomata etenkin Case18 lähtötilanteen osalta, joka olisi pelkästään vihreään sähköön siirtymällä vähähiilisempi päästöjen osalta myös ilman kaukolämmön tuotannon päästöjen vähentämistä (kts. . Vihreään sähköön siirtyminen voi toisaalta olla haastavaa, koska asukkaat vaikuttavat valitsemaansa sähköntuottajaan vaatien yhteiskilpailutusta asukkailta. Toisaalta juuri käyttövaiheen B6 päästöjä saataisiin tehokkaimmin vähennettyä olemassa olevan rakennuskannan osalta tehostamalla energiantuotannon päästöjä, jolla voitaisiin vähentää tuotevaiheesta syntyviä päästöjä.



Kuvio 3. Hiilijäljen kumulatiiviset kertymät (t kgCO₂e) Case tapausten osalta

Aurinkopaneelien osalta voidaan ajatella, että aurinkopaneelilla tuotettava sähkö korvaa verkkosähkön osto. Energiantuotannollisesta näkökulmasta on muistettava, että Motivan mukaan paneelien tuotto (Motiva- Aurinkojärjestelmän teho), ensimmäisen 10 vuoden ajan 90 % nimellistehosta ja seuraavan 25 vuoden ajan 80 %. Inverterien ja akkujen elinikä noin puolet paneelien eliniästä, joka on parhaimmillaan 30 vuotta. Vähähiilisuuden näkökulmasta katsottuna aurinkopaneelilla tuotettavan sähkön sekä verkkosähkön päästöjen erotuksen on pystyttävä korvaamaan järjestelmän valmistuksesta aiheutuneita tuotevaiheen päästöjä (A1-A3). Kohteeseen on ajateltu sähkön- tuotoltaan 3060 kWh/a yltävää järjestelmää, jossa aurinkopaneelien pinta-ala olisi 19 m². Aurinkopaneelien päästöt yksikodepaneelille ovat 141 kg CO₂e/ m² (Ecoinvent), jolloin järjestelmän kokonaispäästöt asennuksesta ovat 2679 kg CO₂e. Aurinkopaneelien tuottama energia ei kuitenkaan ole päästötöntä vaan päästöt muodostuvat huolloista sekä järjestelmän ylläpidosta. Päästöt ovat tuotetun energian osalta 0,021 kgCO₂e/ kWh (Stamford & Azapagic. 2018), jolloin vuotuisen tuoton osalta teoreettiset päästöt ovat 64,26 kg CO₂e/ a.

Taulukko 18. Aurinkoenergian päästövertailu Case 5,6 ja 11

Tarkastellessa aurinkopaneelien muodostamia alkuvaiheen, huoltoja sekä sähköntuotannon päästöjä voidaan todeta, että järjestelmän hankinta on kannattavaa, jos verkkosähkön energiantuotannon päästöt pysyvät nykytasolla. Päästöjen osalta takaisinmaksuaika olisi kyseisessä tilanteessa 13 vuotta (2034) ja käytettäessä tuotoltaan suurempaa järjestelmää (11628 kWh/a, ala 11 m²) monikidepaneeleilla olisi takaisinmaksuaika 12 vuotta. Aurinkopaneelit eivät ole kuitenkaan kannattavat päästöjen näkökulmasta jos Ympäristöministeriön arviointimenetelmän mukaiset energiantuotannon päästövähennykset toteutuvat odotetusti, jolloin aurinkopaneelijärjestelmän neliökoh-taisen tuoton olisi parannuttava energiantuotannon kannalta ja tuotantopäästöjen tulli vähentyä.

Tarkasteltaessa case tapausten toimenpiteiden kokonaisvaikutusta: TATE- ja energiantuotannon järjestelmien, materiaalien tuotevaiheen päästöjen sekä käyttövaiheen energiankulutuksen kautta saadaan kokonaisvaltaisempi näkemys päästöjen muodostumisesta. Kyseistä asiaa on tarkastelu tarkemmin kohdassa "12 Tuulentie 3 Talo A tuloksien vertailu, GWPI00".

11 Vertailuarvot

Maakohtaiset rakentamismääräykset sekä rakentamiskulttuuri voivat erota paljonkin. Tällöin tulisi aina vertailla maantieteellisesti lähellä sijaitseviin maihin, joilla on vastaavan tasoiset rakentamismääräykset ei esim. Suomen vertailu Etelä- Euroopan alueisiin.

Kunnat ja kaupungit voivat myös itse asettaa raja-arvoja tai tavoitearvoja rakennusten päästöille. Tähän liittyen on myös tehty "Sustainable Building Alliance"- projekti, jonka tuotoksena on julkaistu opas "Sustainability and performance assessment and benchmarking of buildings.2012: VTT" sekä Ympäristöministeriön julkaisema "Taloudellisten kannusteiden käyttö vähähiilisen rakentamisen ohjauksessa". Kyseisissä dokumentissa annetaan keinot ja suuntaviivat, miten raja-arvojen asettaminen olisi toteutettavissa. Korjausrakentamisessa korostuu osaltaan myös vallinneen lainsäädännön ja määräysten ymmärrys, joka koskee osaltaan niin rakennusaikana vallinnutta energiatehokkuutta kuin rakenteellisia vaatimuksia. Tämän vuoksi olemassaolevan rakenteen jälkilaskentaa ei vaadita laajamittaisissakaan korjauksissa vaan pelkästään uusittavien materiaalien osalta. Raja-arvojen sitominen tuleekin kirjoittajien mielestä sitoa rinnalle toisen indikaattorin kuten rakennuksen esim. energiatehokkuuden E-lukuun, jotta saadaan E-luvun yksikköä kohden tapahtuneille päästöille sekä päästövähennyksille tavoitearvo.

12 Tuulentie 3 Talo A tuloksien vertailu, GWP100

Tarkastelu suoritettiin suunnittelua edeltäneessä luonnosvaiheessa, jossa suunnittelijoilta ei ollut vielä saatavilla toteutusvaiheen lopullisia tietoja. Arvioinnista poiketen ulkoseinärakenteiden osalta lisäeristys toteutettiin käyttäen kerrosrakennetta, joka koostuu Finnfoam FF-PIR Sauna (paksuus 30 mm alumiinipintaisena) + pystykoolaus 25x100 k600. Pintamateriaalina huoneistojen osalta kipsilevy EK (paksuus 12 mm) sekä löylyhuoneen osalta vaakapaneeli (puu). Porrashuoneiden osuuksilla levymateriaalina on Cembrit Luja-A (paksuus 12 mm). Kyseisillä rakennemuutoksilla ulkoseinien U-arvo on 0,18 W/m²K ja rakennuksen tiiveyden ja ilmanvuotoluvun voidaan olettaa kyseisillä toimenpiteillä saavuttavan tason q₅₀ = 1,0 m³/hm². Tämän todentaminen vaatisi ilmatiiveysmittauksen suorittamisen kohteen osalta. Eroa muodostuu skenaarion parhaimpaan ratkaisuun verrattuna (0,17 W/m²K) U-arvon osalta +0,01 W/m²K. Kyseisellä erolla on vaikutusta ostoenergian todellista määrää lisäävästi eli käyttövaiheen hiilijalanjälki lisääntyy.

Yläpohjan lisälämmöneristys toteutetaan kohteessa käyttämällä puhallusvillaa Paroc BLT 6 (paksuus 200 mm). Lisälämmöneristämistyö sisältää myös yläpohjatilan puhdistuksen sekä kosteusvaurioituneiden eristeiden poistamisen. Kyseisellä lisälämmöneristyksellä saavutetaan U-arvo 0,10 W/m²K. Eroa muodostuu skenaarion parhaimpaan ratkaisuun verrattuna (0,09 W/m²K) U-arvon osalta +0,01 W/m²K.

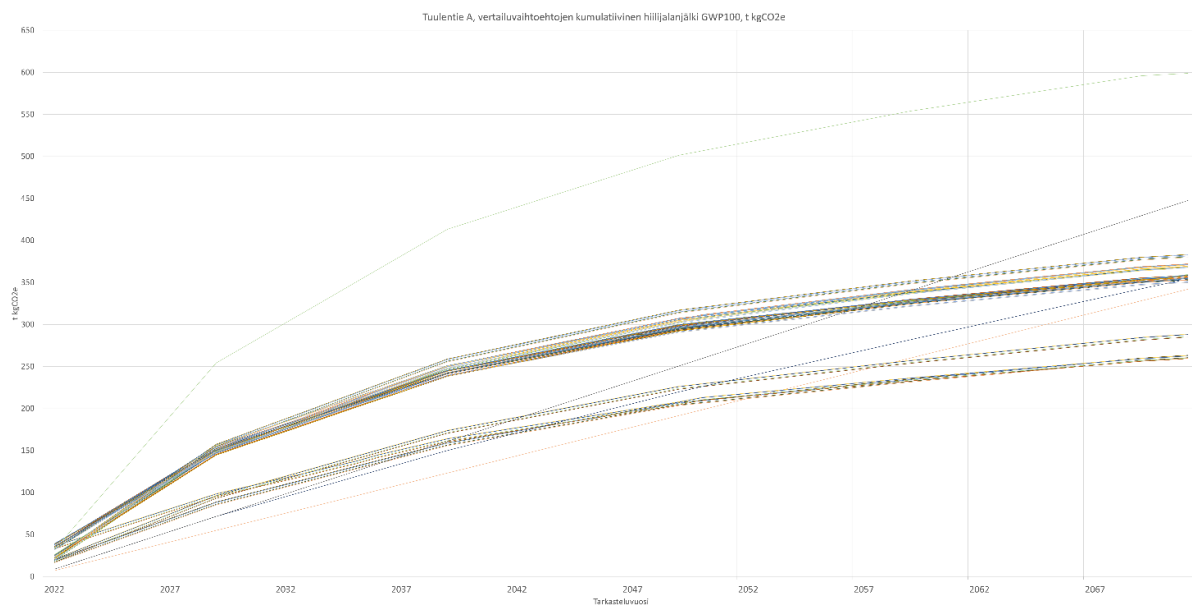
Materiaalien osalta nykyiset rakenneratkaisut lisäävät tuotevaiheen A1-A3 hiilijalanjälkeä porrashuoneen US- seinien osalta seinän pinta-alaa (m²) kohden +5,4 % vaihtoehtoon FF-PIR 50 AL+koolaus+GN13 nähden. Vaihtoehtorakenteeseen FF-PIR GYL 60 (pinnassa kipsilevy 9 mm) ovat ratkaisun päästöt pienemmät -5,3 %. Huoneistojen US- seinien osalta kokonaispäästöt vähentyvät noin 29 %, josta FF-PIR AL levymateriaalin paksuuden muutos on merkittävin. Kokonaisvaikutusten osalta otetaan huomioon myös tulevat peruskorjaukset 25 vuoden käyttöiällä sekä elinkaaren loppuvaiheen purkaminen ilman D- vaiheen vaikutuksia niiden ollen lisätieto elinkaariarvioinnin osalta. Tuotteiden hiilivarastoja tai hiilinieluja ei ole tarkastelussa huomioon vaan pääpaino keskittyy elinkaaren vaiheisiin ilman myönteisiä tai oletettuja ympäristövaikutuksia. Rakennustyömaan skenaarioiden osalta tarkastelusta on jätetty pois A5 vaihe, koska tämä

tulisi todentaa lähtökohtaisesti seuraamalla peruskorjaustyömaan todellista energiankäyttöä mm. mittauksilla. Huoneistot ovat todennäköisesti myös pääosin asukkaiden käytössä, jolloin todennäköisesti peruskorjausvaiheen energiankäyttö rajautuisi työmaan omiin sosiaali- ja taukotiloihin sekä työkoneiden energiankäyttöön.

Taulukko 19. Rakennevaihtoehtojen kokonaispäästöt Talon A osalta

Kokoonpano	A1-A3	A4	B4-B5	C1-C4	D	Yhteensä (D ei vähennetty)	Hiilivarasto, biogeeninen
Huoneistojen kokonaisala 307 m ² , hukka 7 % sisällytetty neliömääriin							
R1-US-FF-PIR GYL (60+9)	4461,9	34,97	147,31	1647,75	-995,95	6291,92	0
R2-US-FF-PIR 50 mm +koolaus+GNI2	4004,8	47,14	147,31	1477,64	-1266,94	5676,89	1185,84
Toteutus: FF-PIR 30 mm + koolaus + EK 13 mm	2854,42	22,08	147,31	945,51	-934,93	3969,32	1185,84
Toteutus: FF-PIR 30 mm + koolaus + Luja- A 12 mm (ALA 34,7 m ²)	392,5	3,54	147,31	107,88	-101,2	651,23	119,32

Kuvio 4 (suurempana ks. liite 2) havainnollistaa vertailuvaihtojen sijoittumista rakennuksen elinkaaren aikana (tarkemmat arvot kts. Liite 1). Alhaisimmalla tasolla olevat käyrät edustavat case tapauksia, joissa on joko siirrytty käyttämään "vihreää" sähköä kaukolämmön rinnalla päästöjen oletetulla vähentymisellä tai ilman. Seuraava keskittymä case tapausten osalta muodostuu niistä, jotka käyttävät rakenteellisten toimenpiteiden lisäksi myös TATE järjestelmiä (case 11 sisältäessä myös aurinkopaneelit). Ylimmällä tasolla oleva tihentymä osoittaa yleisesti niitä vaihtoehtoja, joissa ei hyödynnetä TATE tai aurinkopaneelijärjestelmää. Poikkeuksen muodostaa kuitenkin caset 5 ja 6, joissa on myös aurinkopaneelijärjestelmät. Aurinkopaneelijärjestelmät eivät kuitenkaan saavuta päästöjen osalta kyseistä takaisinmaksuaikaa kuin vasta tarkasteluajan loppuvaiheessa, jolloin niiden päästöjä vähentävä todellinen vaikutus jää vähäisemmäksi kts. 10.2 LCA elinkaariarvioinnin tulokset GWPI100. Ylimpänä kuvaajassa voidaan nähdä case 18, jossa ei ole tehtynä toimenpiteitä ja päästöjen oletetaan vähentyvän YM arviointimenetelmän mukaisesti.



Kuvio 4. Vertailuvaihtoehtojen kumulatiivinen hiilijalanjälki GWP100 (tkgCO₂e). Rakennuksen elinkaaren vaiheet A1-A3, A4, B4-B6 sekä C.

13 Elinkaarikustannukset (LCI)

Talo A elinkaarikustannuksien osalta tarkasteluun on otettu tuotevaiheen materiaalien kustannukset (A1-A3) sekä työmaatoimintojen panoksista (A5) työntekijäkustannukset. Työmaatoimintojen energiankulutusta (A5) tai kuljetuskustannuksia (A4) ei ole huomioituna, mutta käyttövaiheen ostoenergian määrä (B6) on huomioitu. Elinkaaren käytönaikaisia kustannuksia kunnossapidon ja laajamittaisten korjausten osalta ei ole otettu mukaan tarkasteluun (B2-B5). Myöskään elinkaaren lopun purkuvaihetta (C1-C4) ei ole otettu tarkasteluun, koska se vaatisi tulevaisuuden skenaarioiden tarkempia yhdistelmiä. Tarkoituksena on tällöin tarkastella syntyneen energiansäästön (B6 käyttövaihe) kautta saatua säästöä suhteessa sijoitettuun työ- ja materiaalipanokseen (A1-A3 ja A5). Lasketut kustannusarviot osoitetaan ilman arvonlisäveroa ja arvonlisäveron 24 % kokonaissummien sekä neliökohtaisten kustannusten osalta. Kokonaiskustannusarviot eivät sisällä mahdollista urakoitsijan katetta tai olosuhteista johtuvia lisäkustannuksia. Sisäpuolisten viimeistelytöiden vaikutusta ei ole otettu huomioon tarkastelussa vaan tarkastelu suoritetaan tarkasteltavan materiaalin sekä siihen suoraan liittyvien työkustannusten osalta.

Rakennuksen elinkaaritarkastelun osalta (B6) verkkosähkön kustannuksina käytetään 221,84 €/MWh (myynti+siirto+ALV24%= 22 snt/kWh, Tyyppikäyttäjä K1). Peruskorjauskohteessa ei suoriteta US- tai YP rakenteiden osalta nykyisen pintarakenteen (US- kipsilevy ja YP teräsbetoni) purkutöitä. Nämä osaltaan vaikuttavat työmenekkeihin alentavasti ja tällöin uudisrakentamisen työmenekkien käyttö on perusteltua. Työmaan olosuhteet sekä työn toteutuksen vaikeus ja häiriöherkkyys tulisi arvioida työmaakohtaisesti. Korjauskohteen tehollisen ajan (työvuoroaika) T3 laskemiseen käytetään työmenekkien osalta; rakennusmiehelle (RM) PIR- sisäpuolisen lämmöneristyksen osalta 0,44 tth/m² rakennusammattimiehelle, pystykoolaukselle 22x100 k600 rakennusmiehelle (RM) ja rakennusammattimiehelle (RAM) kullekin 0,08 tth/m² ja kipsilevyjen asennuksen osalta 1 RAM+1 RM kummallekin 0,44 tth/m². Tasoitus 2,0x yli kuivien tilojen osalta+ maalaus käsittelyt kipsiseinille 0,19 tth/m². Kokonaisajan osalta suoritemäärän kertoimena käytetään tässä tutkimuksessa 1,00 kaikkien vaihtoehtojen osalta. Vaikka suoritemäärä jää alle 500 m² jolloin voisi olla perustellumpaa käyttää suoritemäärän osalta kertoimena 1,00-1,10 väliltä. Kohteessa tapahtuvat materiaalien siirrot tapahtuvat käsin siirtäen ilman hissiä. Työntekijän kokonaiskustannuksille käytetään ~1,7 kerrointa sisältäen mm. sosiaalikulut ja arvonlisäveron osalta 24 %. Ulkoseinien neliökohtainen ala 307

m² (poikkeuksena R0.1 ja R0.2 porrashuoneen osalta A= 35 m²) ja yläpohjan lisälämmöneristyksen pinta-ala 340 m².

Taulukko 20. Sisäpuolisen lisälämmöneristyksen rakennuksen elinkaarikohtainen tarkastelu GWP osalta. Ilmoitetut arvot kg CO₂e TALO A tehollisille kokonaismäärille.

Vaihtoehtojen luokitukset		HUOM! Kustannusten tarkastelu rakennusosan neliökohtaisilla määrillä			
Tunnus	Materiaali/ kokoonpano	Kustannukset €/m ² (alv 0%)(A1-A3)	Kustannukset €/m ² (alv 0%) (A5)	Yhteensä €/m ² . (Sisältää sos.kulut ja alv 0%) (A1-A3+A5)	Yhteensä € (Sisältää sos.kulut ja alv 0%) (A1-A3+A5)
R0	Nykyinen/vanha rakenne	0	0	0	0
R0.1	US-FF-PIR 30 AL+ koolaus+ GEK13	25,3	31,0	78,9	24222,7
R0.2	US-FF-PIR 30 AL+ koolaus+ Luja A	24,6	30,7	78,5	2723,8
R1	US-FF-PIR GYL 70 (60+9)	32,9	11,0	51,9	15934,0
R2	US-FF-PIR 50 mm+koolaus+GN13	23,9	31,0	77,5	23793,8
R3	YP_V1-Paroc levyvilla	19,30	5,3	28,4	9656,6
R4	YP_V2-Paroc puhallusvilla	16,6	1,9	19,9	6754,0
R5	YP_V3-Isover levyvilla	21,9	5,3	31,0	10537,8
R6	YP_V4-Isover puhallusvilla	19,6	1,9	22,9	7788,1
R7	YP_V5-Ekovilla levyvilla	26,46	5,3	35,6	12091,5
R8	YP_V6-Ekovilla puhallusvilla	17,16	1,9	20,4	6951,0
R9	Ikkunoiden vaihto	314,8	22,6	353,9	52304,6
R10	Ilmanvaihtokoneet (15 kpl)	44,6	19,7	78,6	65857,8
R10	Ilmalämpöpumput (15 kpl)	1600	600	2638,06	45060,0
	Tiivistyskorjaus Ardex 8+9 ja vahvikenauha Ardex SK12 (1532 jm→ 307 m ² seinä-ala)	24,5	4,6	32,5	11737,9

Ulkoseinien osalta neliökohtaiset kokonaiskustannukset (sis. alv 0 % sekä sos. kulut) ovat lähtökohtaisesti alle 79 €/m² rakennetyypeissä, joissa käytetään sisäpuolisen PIR eristeen lisäksi koolausta sekä levyrakennetta. Poikkeuksen muodostaa FF-PIR GYL 70 levy, joka sisältää myös sisäpuolisen levyrakenteen valmiina rakenteessa. Työntekijä- sekä asennuskustannukset muodostavat puolet neliökohtaisista kustannuksista, mutta poikkeuksen muodostaa FF-PIR GYL jonka materiaalikustannukset ovat määrääviä johtuen koolaustyön ja levytystyön puuttumisesta.

Yläpohjan lisäeristykseen osalta työmenekkeihin vaikuttaa yläpuolelta suoritettava eristystyö, joka voidaan olettaa kaikille toteutusvaihtoehdoille tehtävän yläpohjatilan puhdistuksen jälkeen vastaavan normaalia työsuoritusta vaativuuden osalta. Yleisellä tasolla levyvilla- asennus on neliökohtaisesti kalliimpaa, johtuen työmenekkeistä. Levyvilla on yleensä kalliimpaa kuin vastaavan valmistajan puhallusvillatuote. Levyvillojen osalta edullisin toteutus materiaalien ja työn osalta on Paroc Levyvilla ja puhallusvillan osalta myös Paroc. Tämä selittyy osaltaan materiaaliikohtaisella menekillä eristettävää kuumetietä kohden. Eroja voi kuitenkin muodostua materiaalihankintojen kilpailutuksesta riippuen.

Tiivistyskorjaus ilman sisäpuolista lämmöneristystä on lähes puolet edullisempi neliökohtaisessa vertailussa, jossa kustannuksia kerryttää pääasiassa materiaalihankinnat. Työsuorituksen osalta tiivistyskorjaus voidaan rinnastaa työtehotuntien osalta vedeneristystyöhön, kun ei huomioida mahdollisia laajempia valmistelevia töitä mm. kalusteiden siirtoja peruskorjauskohteessa.

Lukijaa pyydetään tutustumaan myös "Taloyhtiön energiakirja.2011", jossa on myös tehtynä kustannusarviointia energiakorjaustoimenpiteiden osalta. Tällöin tämän tutkimuksen saatuja tietoja voidaan vertailla kyseisen julkaisun tuloksiin ristiin.

14 Tuulentie 3 Talo A tuloksien yhteenveto

Tulosten ja saatujen kokemusten perusteella rakennusten elinkaaren hiilijalanjäljenlaskenta on mahdollista toteuttaa luontevasti energiatehokkuustarkastelujen ja kustannuslaskennan yhteydessä osana jo alkuvaiheen suunnitteluprosessia. Saatujen tulosten perusteella toteutettu tarkastelu antaa sovellettavaa tietoa päätöksentekoon, mikäli rakennuksen elinkaaren päästöjä halutaan käyttää yhtenä suunnitteluparametrina energiatehokkuuden ja investointikustannusten rinnalla. Rakennuksen osalta TATE-järjestelmien päivittämisellä oli suurin vaikutus energiatehokkuuteen sekä elinkaaren hiilijalanjälkeen. Rakenteellisten parannusten osalta merkittävimpiä toimenpiteitä olivat rakennuksen tiiveyden sekä yläpohjan lämmöneristyksen parantaminen. Tulosten osalta on kuitenkin huomioitava rakennuksen muoto ja massoittelu, sillä yläpohjan ja ulkoseinän lisälämmöneristysellä ei todettu olevan merkittävää eroa. Aurinkoenergian hyödyntäminen kohderakennuksessa ei näyttäytynyt järkevältä ratkaisuna, sillä saatujen energia- ja ilmastohyötyjen lisäksi tarkastelussa otettiin huomioon myös rakennuksen arvioitu käyttöikä peruskorjauksen jälkeen.

Taulukko 22. Yhteenveto laskennan tuloksista

Case	E-luku	Hiilijalanjälki tkgCO _{2e}		Kustannus			
		2036 (A1-A3, A4, B4-B6)		Takaisinmaksuaika (Vuosia a)		Investointi (€)	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max
Case 3	109	218	221	2,0	2,6	19825	25935
Case 4	102	215	218	6,5	7,1	72130	78239
Case 5	105	218	221	14,5	15,1	26275	32385
Case 6	98	215	218	14,3	14,9	78580	84689
Case 7	112	226	226	1,3		11738	
Case 8	109	147	151	7,1	7,7	64885	70995
Case 9	99	135	138	6,0	6,6	64885	70995
Case 11	89	142	145	18,3	18,8	78580	84689
Case 12	112	225	229	0,9	1,5	8087	14197
Case 13	107	218	219	1,8	2,9	18259	25267
Case 14 (R1,R3-8)	104	211	214	2,5	3,0	26347	32456
Case 14 (R2,R3-8)		210	214	3,1	3,7	33355	39464
Case 15	105	223	223	5,0		52305	
Case 16 (R1,R3-8)	97	214	217	6,7	7,2	78651	84761

Case 16 (R2,R3-8)		213	217	7,3	7,8	85659	91768
Case 17	111	219	223	2,1	2,7	19825	25935
Case 18	165	366	366	-	-	-	-
Case 19	100	212	215	6,4	7,0	72130	78239

Tarkasteltaessa toteutusvaihtoehtojen investointikustannuksia suhteessa vähähiilisyys tavoitteisiin voidaan huomata, että Case 11, 9 ja 8 saavuttavat suurimman vaikutuksen. Investointikustannusten suhdetta rakennuksen elinkaaren aikaisiin päästöihin tuleekin lukea käänteisesti €/tkgCO_{2e} arvoon nähden, jolloin suurimman arvon saanut vaihtoehto saa suurimman euromääräisen hyödyn tuotettuun päästötonniin nähden. Toisaalta takaisinmaksuaika vuoteen 2036 mennessä ei täyty laajempien toimenpiteiden osalta, mutta vuoteen 2046 mennessä se täyttyy kaikilla vaihtoehtoilla.

Saatujen tulosten perusteella kohteen peruskorjauksen yhteydessä tehtävä energiatehokkuuden parannus on kannattavaa niin kustannusten kuin päästöjenkin näkökulmasta. GWP osalta saavutetaan perustasoa Case 18 alhaisemmat päästöt jo vuoden sisällä peruskorjauksesta. Alkuvaiheen päästöt ovat laajemmilla toimenpiteillä alkuvaiheessa perustapausta suuremmat johtuen tuotevaiheen päästöistä, mutta johtuen säästetystä ostoenergiasta sekä sitä kautta vähennyistä päästöistä saavutetaan kaikkien vaihtoehtojen osalta lähtötilannetta alhaisempi hiilijalanjälki. Kyseinen tilanne silloin kun päästöt arvioidaan energian osalta YM arviointimenetelmän mukaisesti. Jos kaukolämmön päästöt pysyisivät samana ja kohde siirtyisi käyttämään vihreää sähköä siirtyy toimenpiteiden hyöty vasta lähemmäs vuotta 2060, jolloin on ylitetty rakennuksen suunniteltu käyttöikä ja tarkasteluajanjakso olisi 39 vuotta. On huomioitava, että vihreään sähköön siirtyminen vaatisi toimenpiteitä, jotka eivät ole mahdollisia nykyisen lainsäädännön puitteissa vaan vaatisivat muutoksia niihin sekä yleisiin toimintatapoihin.

”Pitkän aikavälin korjausrakentamisen strategia 2020–2050” tuo esille myös muita energiatehokkuuden ja vähähiilisyiden toimenpiteitä jotka tukevat myös kohteelle suoritetun arvioinnin tuloksia.

Taulukko 23. Energiatehokkuuden parantaminen ja vähähiilinen lämmitys asuinkerrostaloissa (Pitkän aikavälin korjausrakentamisen strategia 2020, .31)

Rakennusosa / järjestelmä	Toimenpiteet
Ilmanvaihto	Lämmöntalteenotto: Laitteet vaihdetaan energiatehokkaampiin teknisen käyttöiän päätyttyä. Koneellinen poistoilmanvaihto: lisätään poistoilmalämpöpumppu.
Sähkö	Teknisen käyttöiän päätyttyä, valitaan mahdollisimman energiatehokkaat uudet kodinkoneet. Vaihetaan LED -lamput valaisimiin. LED-valaisimet läsnäolotunnistuksella yhteistiloihin sekä ulkovalaistukseen. Aurinkopaneelit joko omalle katolle tai osuus paneelipuistosta muualla.
Käyttövesi	Vedenpaineen säätäminen. Uusitaan hanat ja vesikalusteet vettä säästäviksi. Lämmöntalteenotto jätevedestä. Asennetaan putkiremontin yhteydessä etäluettavat huoneistokohtaiset vesimittarit.
Ikkunat	Heikkokuntoiset ikkunat vaihdetaan uusiin radiosignaalin kuuluvuus huomioiden
Ulkoseinät	Lisälämmöneristys, kun ulkoverhous on uusimistarpeessa. Lämpimien tiivistäminen.
Yläpohja; alapohja	Yläpohjan lisälämmöneristys, jos teknisesti mahdollista. Tasakattoisiin rakennuksiin lisälämmöneristys kattomuodon muutoksen yhteydessä Kylmien kellarin- ja alapohjien kattojen lämmöneristäminen.
Rakennuksen ulkopuolinen routaeristys	Uusitaan rakennuksen ulkopuoliset routalevyt.
Lämmitys-järjestelmä	Lämmitysjärjestelmän tasapainotus. Älykäs ilmanvaihdon ja lämmityksen ohjausjärjestelmä.
Vähähiilisyyys	Luovutaan fossiilista polttoaineista.
Tietolähteet	Korjausrakentamisessa noudatettavien energiatehokkuutta koskevien vähimmäisvaatimusten kustannusoptimaaliset tasot, ympäristöministeriö. Strategian valmistelun yhteydessä järjestetyt työpajat ja Ota kantaa -kysely 9/2019-10/2019. Vastaukset kysymyksiin tehokkaista keinoista parantaa energiatehokkuutta.

15 Energiasimuloinnin pohjalta ehdotetut toimenpiteet

Energiatehokkuuden toimenpiteiden arvioimiseksi on tunnistettava ensivaiheessa asuinkerrostalossa muodostuvat lämpöhäviöt, jotta toimenpiteet voidaan kohdistaa tehokkaasti. Asuinkerrostalon lämpöhäviöt voidaankin jakaa seuraaviin rakennusosiin:

-ilmanvaihto	36-37 %
-ulkoseinät	13-17 %
-ikkunat	19-21 %
-yläpohja	4-6 %
-alapohja	5-6 %
-käyttövesi	17-19 %

(Taloyhtiön energiakirja, 2011)

Energiasimuloinnin tulosten pohjalta voidaan nähdä ensisijaisena toimenpiteenä olemassa olevan TATE järjestelmän tehokkuuden parantaminen mm. LTO (lämmöntalteenotto) osalta. Se voidaan saavuttaa kohteessa siirtymällä painovoimaisesta ja poraskäytävän huippuimurilla varustetusta järjestelmästä, joko keskitettyyn tai hajautettuun huoneistokohtaiseen ilmanvaihtoon.

Keskitettyyn ilmanvaihtojärjestelmään siirryttäessä on toki huomioitava IV- koneen sijoitus sekä kanavien kulkureitit ja hormistojen sijainnit. Tämä voi osaltaan olla haasteellista peruskorjauskohteessa, jos se ei jo sisällä talotekniikkahormeja tai niiden koko ja määrä ovat puutteellisia. Tällöin huoneistokohtaisen ilmanvaihdon toteuttaminen voi olla kustannuksiltaan sekä toteutuksen kannalta järkevintä. Huoneistokohtaisen ilmanvaihdon osalta on kuitenkin tunnistettava se, että tulo/poistoilmaventtiilien keskinäinen etäisyys on riittävä huoneistojen välillä. Tämä voi osaltaan johtaa niiden sijoitukseen useammalle julkisivulinjalle sekä kanavareittien kasvaviin pituuksiin huoneistoissa, jos jäteilma puhalletaan ulos seinästä. Toisaalta jäteilma voidaan johtaa jäteilmakanavan avulla katollekin. Keskitettyyn järjestelmään verrattuna voidaan kuitenkin nähdä, että huoneistokohtaisella toteutuksella kanavavetojen määrät jäävät silti pienemmiksi.

Lämmitysjärjestelmän perussäätö on myös paikallaan uusittaessa kaukolämpöverkoon liittyviä venttiilejä, jonka kustannusarvio on noin 25 000– 30 000 euroa 40–50 huoneiston asuinkerrostalossa. Kyseinen summa sisältää asuinhuoneistojen patteriventtiilit, linjasäätö- ja sulkuventtiilit, säädöt sekä suunnittelun ja urakan. Kun tehdään pelkkä lämmitysverkoston perussäätö ovat kokonaiskustannukset noin 5000 euroa sisältäen suunnittelun ja toteutuksen. Kaukolämpölaitteiden mm. lämmönjakokeskuksen uusiminen maksaa noin 10 000– 15 000 euroa 40 huoneiston asuinkerrostaloon (10 000 m³) (Taloyhtiön energiakirja.2020)

Yhtenä vaihtoehtona olisi vaihtaa nykyinen kaukolämpöjärjestelmä maalämpöjärjestelmään, joka soveltuu vesikiertoista lämmönjakotapaa käyttäviin asuinkerrostaloihin. Talo A osalta on kuitenkin tunnistettu niin Joensuun Kotien kuin tämän tutkimuksen puitteissa, että tarvittavan lämmönkeruupiirin tai lämpökaivojen sijoittaminen on haasteellista tontille eikä siten kannattavaa. Talo A ja B sijaitsevat tontin pohjoispäässä niin, että tarvittavaa sijoitusaluetta ei jää Utrantien sekä pyöräteiden väliin. Eteläpuolinen alue sen sijaan on käytössä paikoitusalueena, leikkialueena sekä eteläisimmällä sivulla sijaitsevalle varastorakennukselle. Tällöin maalämpöjärjestelmien sijoittaminen vaatisi paikallisia piharakenteen mm. purkutöitä ja asfalttipinnoitteiden sahauksia sekä roilouksia.

TATE järjestelmien osalta on tunnistettu myös, että lämpöpumpuilla voidaan saavuttaa kustannustehokkaasti energiansäästöä Talo A osalta. Yleisellä tasolla toteutusvaihtoehdot (case) joissa oli yläpohjan lisälämmöneristyksen sekä tiiveyskorjauksen lisäksi lämpöpumput (LTO 75 %) olivat E-luvultaan keskimääräistä pienempiä. Eteläpuoleiset huoneistot ovat parvekkeellisia, jolloin laitteiston sijoittaminen voitaisiin toteuttaa niiden osalta ilman ripustuskiinnitystä/kehää muilta osin se olisi tarpeen ylempien kerroksien osalta. Asennustavasta riippumatta tulee huomioida runkoäänien sekä yksikön aiheuttama mahdollinen äänihaitta. Sama energiatehokkuuden parannus voitaisiin saavuttaa rakenteellisten toimenpiteiden osalta tekemällä tiivistyskorjauksen lisäksi ikkunoiden vaihto omana yksittäisenä toimenpiteenä. Lämpimän käyttöveden kierron (LKV) eristämistä ei tutkittu kohteen osalta, mutta aikaisemmassa Karelia- ammattikorkeakoulu "Kohti vähähiilistä rakentamista"- projektin uudisrakennuskohteen energiasimuloinneissa on tunnistettu myös lämpöhäviöiden olevan merkittäviä. (Karhapää 2020)

Toissijaisena keinona voidaan nähdä juuri rakenteelliset toimenpiteet mm. ulkoseinien, yläpohjan ja ikkunoiden lämmöneristyksen osalta, joka voidaan toteuttaa sisäpuolisena tai ulkopuolisena lämmöneristyksenä. Ulkopuolisen lämmöneristyksen

toteuttaminen voitaisiin toteuttaa ulkokuorta purkavana tai säilyttävä toimenpiteenä. Yleisesti käytössä on kuitenkin ulkokuoren purku, jossa kantava sisäpuolinen rakenne säilytetään ja lämmöneristysosuudet vaihdetaan. Talo A osalta se ei kuitenkaan ole perusteltua, koska julkisivurakenne on edelleen hyväkuntoinen vaatii ainoastaan kevyempiä elementti/ liittymäsaumojen uusimisia. Tällöin sisäpuolinen lämmöneristäminen tai tiiveyskorjaus voidaan nähdä perustelluksi, vaikka se vähentää hieman huoneistoneeliöiden määrää.

Ulkokuoren tiiveyttä parantavat korjaukset vähentävät hallitsemattoman ulkoa tulevan korvausilman osuutta ilmanvaihdossa. Tämä pienentää osaltaan rakennuksen lämmityksen energiatarvetta talvikuukausina. Ikkunoiden korvausilmaventtiilit mahdollistavat tarpeenmukaisen ja hallitun korvausilman tuomisen ulkoa huonetilaan ja poistavat vedon tunnetta samalla parantaen asumismukavuutta.

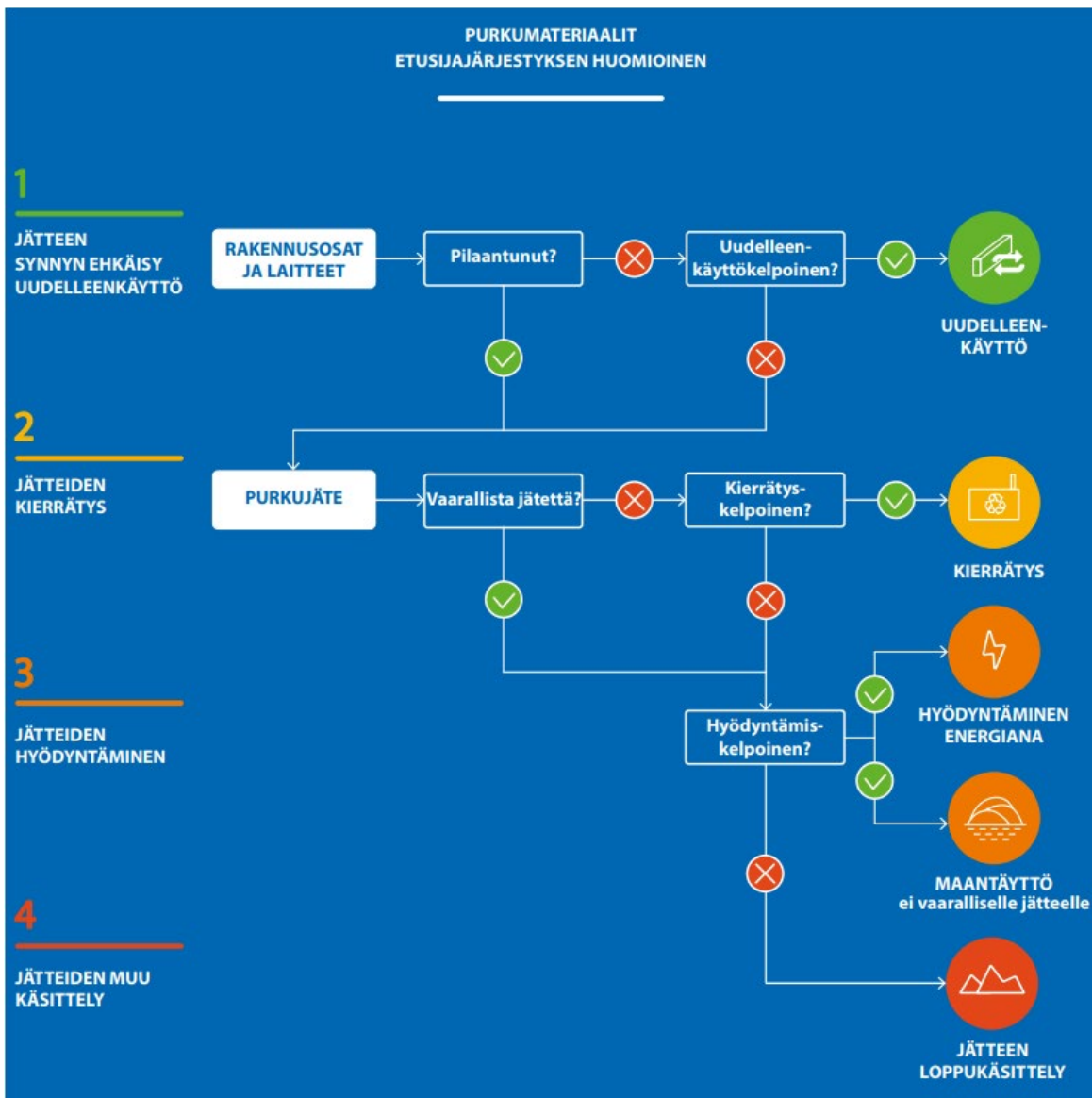
16 GWP ehdotetut vähennystoimenpiteet

Jäljempänä mainitut toimenpiteet ovat vain osa monista vähennystoimenpiteistä, joilla voi saada kohteessa vähennettyä rakennuksen GWP (kgCO₂e) kokonaismäärää suunnittelu- sekä työmaavaiheessa. Tärkeimpänä vähennystoimenpiteenä voidaan kuitenkin pitää vähähiilisen rakentamisen tavoitearvojen asettamista jo tarvesuunnitteluvaiheessa. Tällöin tavoitearvot voidaan ottaa jo osaksi tilaohjelman valmistelua sekä suunnittelutyötä alkuvaiheessa. Peruskorjausvaiheessa on kuitenkin muistettava huomioida myös rakennuksen odotettu jäljellä oleva todellinen käyttöikä. Alkuvaiheen vähähiilisten arvojen mukaanotolla voidaan myös estää osaltaan lisäkustannuksien syntyminen hankkeelle sekä edistää rakenteiden optimointia sekä kustannustehokasta rakentamista osaltaan. Kyseinen seikka on huomattavissa etenkin laajempien teknisten järjestelmien osalta kuten mm. aurinkopaneelit. Järjestelmän laajuudesta riippuen tuotetut valmistusvaiheen päästöt eivät pysty korvaamaan tuottamansa sähkön osalta verkkosähkön päästöjä, jos kokonaispäästöt vähentyvät energiantuotannon osalta yleisesti. Tällöin vaikka aurinkopaneelien tuottamalla sähköllä voidaan korvata laajemmassa mittakaavassa energiantuotantoa verkkosähkön osalta, on otettava huomioon myös todelliset päästöt valmistuksesta sekä käytön aikaiset päästöt mm. huolloista sekä vaihdoista.

Tehokkaimpana toimenpiteenä voidaan nähdä peruskorjauskohteessa energiatehokkuuden parantaminen riippumatta toteutustavasta. Kun energiatehokkuuden toimenpiteet on täytetty yhdessä materiaalien päästöjen optimoinnin kanssa, saavutetaan kokonaisvaltaisempia tuloksia. Vähiten tuotantovaiheen päästöjä sekä rahallisia investointeja vaativana toimenpiteenä on suositeltavaa siirtyä käyttämään kiinteistö- ja kulluttajasähkön osalta vähäpäästöisempään energiankulutukseen sähköntoimittajien osalta. Vaikka kyseinen toimenpide voi osaltaan rajoittua sähkömarkkinalakiin (588/2013) sekä sen tulkintaa voi se tulla harkittavaksi toimenpiteeksi mm. taloyhtiöiden päästövähennystoimenpiteiden saavuttamiseksi.

Rakennustyömaan toimintoja ei ole otettu tämän tutkimuksen puitteissa huomioon, mutta on kannustettavaa tuotteiden elinkaaren lopun päästöjen vähentämiseksi harjoittaa jätelain (646/2011) mukaisesti kiertotalouden ja luonnonvarojen käytön kestävän

kehityksen ja kiertotalouden periaatteita. Tämä tarkoittaa käytännössä työmaan osalta jätelajikkeiden lajittelua noudattaen etusijajärjestystä välttämällä jätteen loppusijoitusta mm. läjittämällä. Näitä tavoitteita voidaan edistää tekemällä korjausrakennushankkeen yhteydessä Ympäristöministeriön mukainen purkukartoitus, joka on osa laajempaa purkuprosessin toteutusta sekä hankintaa.



Kuvio 5. Päätöksenteko materiaalien ja jätteiden käsittelytavoista (Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:30, 23)

17 One Click LCA laskentatyökalun kuvaus

Laskenta suoritettiin käyttämällä One Click LCA laskentatyökalua. Työkalu on täysin yhteensopiva EN 15978 standardin kanssa. One Click LCA on kolmannen osapuolen varmistama ITB:n toimesta seuraaville LCA-standardeille: EN 15978, ISO 21931-1 ja ISO 21929 ja data vaatimuksille ISO 14040 ja EN15804. Viralliset dokumentit ovat löydettävissä tästä linkistä:

<https://www.oneclicklca.com/wp-content/uploads/2016/11/360optimi-verification-ITB-Certificate-scanned-1.pdf>.

ITB-organisaatiokuvaus

“ITB is a certification organization and a Notified Body (EC registration nr. 1488) to the European Commission designated for construction product certification. Polish Accreditation Board assures the independence and impartiality of ITB services (Accreditation Certificates are: AB 023, AC 020, AC 072, AP 113). ITB activities are conducted in accordance to the requirements of the following assurance standards: ISO 9001, ISO/IEC 27001, ISO/IEC 17025, EN 45011, and ISO/IEC 17021.”

18 Tutkimuksen kriittinen arviointi

Varsinaista eturistiriitaa ei voida nähdä syntyvän tutkijaryhmälle, koska tutkijat eivät työskentele tuotteita valmistaville tai suunnitteleville yrityksille, omaa patenteja tai ole osakkaana palveluita tuottavissa tai kehittävässä yrityksissä/organisaatiossa. Tutkimuksen teko hetkellä pääasiallisena työnantajana toimii myös muu kuin työn toimeksiantaja Joensuun Koodit Oy. Tällöin motiivit tutkimuksen suorittamiselle ovat lähinnä ammatillisia liittyen haluun koota aikaisempaa tutkimusta yhteen aihealueesta sekä projektin tavoitteiden saavuttaminen. Tutkimus toimiikin tällöin osaltaan aihepiirin tietolähteenä, jossa mainittuja tietoja tulee tarkastella maakohtaisesti sekä suunnittelutekijät huomioon ottaen.

Taloudellisina hyötyinä voidaan tällöin saatava rahallinen korvaus projektiin käytetyn työajan puitteissa työsuhteen aikana. Ei taloudellisena hyötynä voida nähdä asiantuntijuuden sekä osaamisen nosto aihealueeseen liittyen. Tutkimusaineisto käsittää osaltaan tutkijoiden sekä Karelia ammattikorkeakoulun aikaisemmin julkaistuja aineistoja viittauksina nostoen osaltaan näiden viitattujen aineistojen näkyvyyttä. Aineistojen käyttö on kuitenkin perusteltua, koska ne sisältävät kohteen toteutuksen periaatteita sekä tutkimustulosten analyysia aikaisempien projektien osalta. Tällöin suoritettuna tutkimuksen osalta voidaan antaa seuraava lausunto "Tutkimuksen sekä tutkimusaiheen välillä ei nähdä potentiaalista eturistiriitaa tai merkittävää taloudellista tai ei- taloudellista hyötyä, joka vaikuttaisi tutkimustuloksiin."

Lähteet

Dodd N., Donatello S. & Cordella M. (2021). Level(s) indicator 1.2: Life cycle Global Warming Potential (GWP) user manual: introductory briefing, instructions and guidance (Publication version 1.1)

Elinkaariarvioinnin (LCA/LCC) ja energiasimuloinnin tulokset – Tuulentie 3, Talo A Karelia-ammattikorkeakoulu, Joensuu Saatavilla: <https://rakentaminen.karelia.fi/tutkimus/julkaisut/>

Joensuun Kodit Oy, Tuulentie 3, RLVIS-kuntoarvio. (2021). WSP Finland Oy

Karhapää, K. 2020. TP3 – Hiilineutraalisen kaupunkikorttelin konseptisuunnittelu Kohti vähähiilistä rakentamista – Joensuu Wood City kehittämishanke. <https://rakentaminen.karelia.fi/tutkimus/kohti-vahahiilista-rakentamista-joensuu-wood-city/>

Kuittinen, M. (toim.) (2019). Rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmä. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:22, Helsinki. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-029-3>

Motiva. n/d. Aurinkosähköjärjestelmän teho. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/aurinkosahkojarjestelman_teho

RakMk C3. 1985. Lämmöneristys. Määräykset. Ympäristöministeriö.

Rintala, T., Huuhtanen, J. (2020). Rakentamisen ympäristöindikaattorit tontinluovutuksessa ja rakennushankkeiden kilpailutuksissa. Karelia-ammattikorkeakoulu, Joensuu Saatavilla: <https://rakentaminen.karelia.fi/tutkimus/julkaisut/>

SFS-EN 15978:en. (2012). Sustainability of construction works. Assessment of environmental performance of building. Calculation method. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

Stamford, L., Azapagic, A. 2018. Environmental Impacts of Photovoltaics: The Effects of Technological Improvements and Transfer of Manufacturing from Europe to China. Energy Technol.. 6, 1148.

Sähkömarkkinalaki. 9.8.2013/588. Finlex. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20130588>

Tarkastusraportti 54162, Tuulentie 3. (2021). Polygon Finland Oy

Tiainen, K. (toim.) (2020). Opas rakennushankkeiden päästöjen hallintaan. Karelia-ammattikorkeakoulun julkaisuja B, Oppimateriaaleja ja kokoomateoksia: 67, Joensuu Saatavilla:

<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-275-318-2>

Työpiirustus ARK 22-101. (1986). Arkkitehtitoimisto Antti Torikka.

Virta, J., Pyly, P. 2011. Taloyhtiön energiakirja. Kiinteistöalan Kustannus Oy. http://issuu.com/mediat/docs/taloyhtion_energiakirja/1

Wahlström, M., Hradil, P., Teittinen, T., Lehtonen, K. 2019. Purkukartoitus – opas laatijalle.

<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-037-8>

Ympäristöministeriö. 2019. Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu. <https://elinkaarilas-kenta.fi/>

Ympäristöministeriö. Pitkän aikavälin korjausrakentamisen strategia 2020-2050. 2020.

<https://www.ym.fi/download/>

Liite 1. Toteutusvaihtoehdot lajiteltuna vuoden 2036 kokonaispäästöjen mukaisessa laskevassa järjestyksessä.

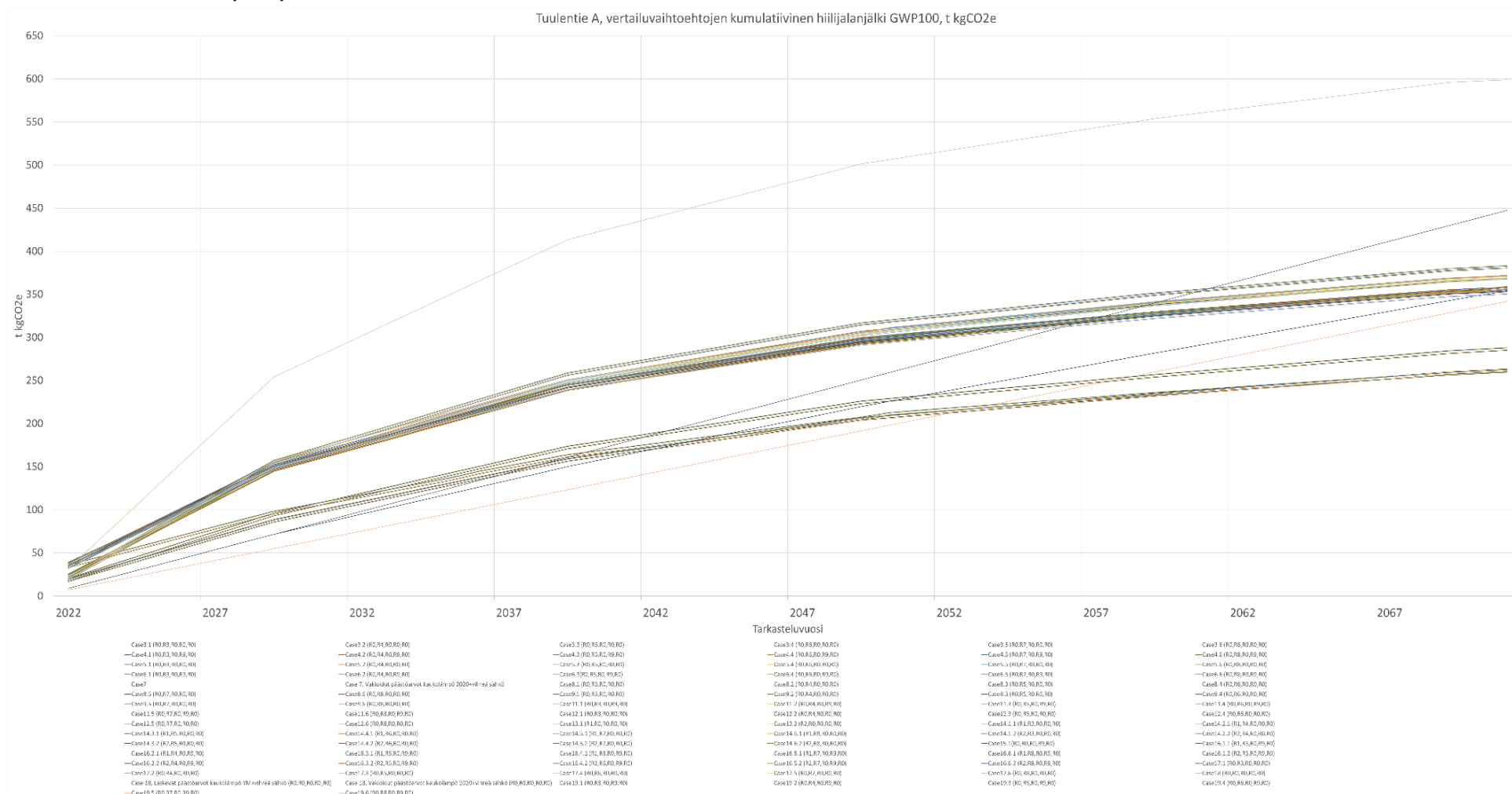
	2022- tkgCO ₂ e	2030- tkgCO ₂ e	2036- tkgCO₂e	2040- tkgCO ₂ e	2047- tkgCO ₂ e	2050- tkgCO ₂ e	2060- tkgCO ₂ e	2071- tkgCO ₂ e
Case 7, Vakioidut päästöarvot kaukolämpö 2020+vihreä sähkö	7,1643	61,8267	102,8235	130,1547	177,9843	198,4827	266,8107	341,9715
Case 18, Laskevat päästöarvot kaukolämpö YM+vihreä sähkö (R0,R0,R0,R0,R0)	8,95089	79,46281	126,597	157,1317	205,9055	226,039	287,9015	354,1269
Case 18, Vakioidut päästöarvot kaukolämpö 2020+vihreä sähkö (R0,R0,R0,R0,R0)	8,95089	80,55801	134,2634	170,0669	232,7231	259,5758	349,0847	447,5445
Case9.6 (R0,R8,R0,R0,R0)	16,38254	92,30964	134,6976	160,587	193,9707	206,3098	234,016	259,8401
Case9.4 (R0,R6,R0,R0,R0)	17,27412	93,20122	135,5891	161,4785	194,8622	207,2013	234,9075	260,7409
Case9.3 (R0,R5,R0,R0,R0)	19,31524	95,24234	137,6303	163,5197	196,9034	209,2425	236,9487	262,7909
Case9.5 (R0,R7,R0,R0,R0)	19,50765	95,43475	137,8227	163,7121	197,0958	209,4349	237,1411	263,0119
Case9.2 (R0,R4,R0,R0,R0)	20,00465	95,93175	138,3197	164,2091	197,5928	209,9319	237,6381	263,5897
Case9.1 (R0,R3,R0,R0,R0)	20,05089	95,97799	138,3659	164,2553	197,639	209,9781	237,6843	263,5381
Case11.6 (R0,R8,R0,R9,R0)	32,88612	101,6042	141,645	165,2094	195,7372	209,7316	235,275	259,3819
Case11.4 (R0,R6,R0,R9,R0)	33,7777	102,4958	142,5366	166,101	196,6288	210,6231	236,1666	260,2931
Case11.3 (R0,R5,R0,R9,R0)	35,81882	104,5369	144,5777	168,1421	198,6699	212,6643	238,2077	262,3432
Case11.5 (R0,R7,R0,R9,R0)	36,01123	104,7293	144,7701	168,3346	198,8623	212,8567	238,4001	262,5642
Case11.2 (R0,R4,R0,R9,R0)	36,50823	105,2263	145,2671	168,8316	199,3593	213,3537	238,8971	263,1419
Case11.1 (R0,R3,R0,R9,R0)	36,55447	105,2726	145,3133	168,8778	199,4056	213,3999	238,9434	263,0904
Case8.6 (R0,R8,R0,R0,R0)	17,35754	100,8071	147,3801	175,8345	212,5257	226,0873	256,5385	284,9201
Case8.4 (R0,R6,R0,R0,R0)	18,24912	101,6987	148,2716	176,726	213,4172	226,9788	257,43	285,8209
Case8.3 (R0,R5,R0,R0,R0)	20,29024	103,7398	150,3128	178,7672	215,4584	229,02	259,4712	287,8709

Case8.5 (R0,R7,R0,R0,R0)	20,48265	103,9323	150,5052	178,9596	215,6508	229,2124	259,6636	288,0919
Case8.2 (R0,R4,R0,R0,R0)	20,97965	104,4293	151,0022	179,4566	216,1478	229,7094	260,1606	288,6697
Case8.1 (R0,R3,R0,R0,R0)	21,02589	104,4755	151,0484	179,5028	216,194	229,7556	260,2068	288,6181
Case14.6.2 (R2,R8,R0,R0,R0)	22,00748	153,9421	210,2563	243,6607	281,4229	295,4215	326,9467	355,217
Case14.6.1 (R1,R8,R0,R0,R0)	22,45151	154,3861	210,7003	244,1047	281,8669	295,8655	327,3907	355,8311
Case14.4.2 (R2,R6,R0,R0,R0)	22,89906	154,8337	211,1479	244,5523	282,3145	296,3131	327,8383	356,1178
Case14.4.1 (R1,R6,R0,R0,R0)	23,34309	155,2777	211,5919	244,9963	282,7585	296,7571	328,2823	356,7319
Case19.6 (R0,R8,R0,R9,R0)	31,89316	157,6707	211,6377	243,9225	280,2336	293,6933	324,0027	349,8128
Case19.4 (R0,R6,R0,R9,R0)	32,78474	158,5622	212,5293	244,8141	281,1252	294,5849	324,8943	350,7044
Case14.3.2 (R2,R5,R0,R0,R0)	24,94018	156,8748	213,189	246,5934	284,3556	298,3542	329,8794	358,1678
Case16.6.2 (R2,R8,R0,R9,R0)	35,1837	156,1252	213,2023	246,9685	285,1087	298,9795	328,1991	354,7978
Case14.5.2 (R2,R7,R0,R0,R0)	25,13259	157,0672	213,3814	246,7858	284,548	298,5466	330,0718	358,3888
Case14.3.1 (R1,R5,R0,R0,R0)	25,38421	157,3188	213,633	247,0374	284,7996	298,7982	330,3234	358,782
Case16.6.1 (R1,R8,R0,R9,R0)	35,62773	156,5692	213,6464	247,4126	285,5528	299,4236	328,6432	355,4119
Case14.5.1 (R1,R7,R0,R0,R0)	25,57662	157,5112	213,8254	247,2298	284,992	298,9906	330,5158	359,0029
Case14.2.2 (R2,R4,R0,R0,R0)	25,62959	157,5642	213,8784	247,2828	285,045	299,0436	330,5688	358,9666
Case14.1.2 (R2,R3,R0,R0,R0)	25,67583	157,6104	213,9247	247,3291	285,0913	299,0899	330,6151	358,915
Case16.4.2 (R2,R6,R0,R9,R0)	36,07528	157,0168	214,0939	247,8601	286,0003	299,8711	329,0907	355,6986
Case14.2.1 (R1,R4,R0,R0,R0)	26,07362	158,0082	214,3224	247,7268	285,489	299,4876	331,0128	359,5807
Case14.1.1 (R1,R3,R0,R0,R0)	26,11986	158,0545	214,3687	247,7731	285,5353	299,5339	331,0591	359,5292
Case16.4.1 (R1,R6,R0,R9,R0)	36,51931	157,4608	214,5379	248,3041	286,4443	300,3151	329,5347	356,3127
Case19.3 (R0,R5,R0,R9,R0)	34,82586	160,6034	214,5704	246,8552	283,1663	296,626	326,9354	352,7455
Case19.5 (R0,R7,R0,R9,R0)	35,01827	160,7958	214,7628	247,0476	283,3587	296,8184	327,1278	352,9379
Case6.6 (R0,R8,R0,R9,R0)	34,52562	159,8973	214,8007	246,583	282,617	298,686	328,9766	354,954
Case4.6 (R0,R8,R0,R9,R0)	32,17236	160,039	214,8142	247,3141	284,1313	297,7789	328,5121	354,8477
Case19.2 (R0,R4,R0,R9,R0)	35,51527	161,2928	215,2598	247,5446	283,8557	297,3154	327,6248	353,4349
Case19.1 (R0,R3,R0,R9,R0)	35,56151	161,339	215,306	247,5908	287,7996	297,3616	327,671	353,4811
Case6.4 (R0,R6,R0,R9,R0)	35,4172	160,7889	215,6923	247,4746	283,5086	299,5775	329,8682	355,8456
Case4.4 (R0,R6,R0,R9,R0)	33,06394	160,9305	215,7058	248,2057	285,0229	298,6705	329,4037	355,8296
Case16.3.2 (R2,R5,R0,R9,R0)	38,1164	159,0579	216,135	249,9012	288,0414	301,9122	331,1318	357,7486
Case16.5.2 (R2,R7,R0,R9,R0)	38,30881	159,2503	216,3274	250,0936	288,2338	302,1046	331,3242	357,9696
Case16.3.1 (R1,R5,R0,R9,R0)	38,56043	159,5019	216,5791	250,3453	288,4855	302,3563	331,5759	358,3627

Case16.5.1 (R1,R7,R0,R9,R0)	38,75284	159,6943	216,7715	250,5377	288,6779	302,5487	331,7683	358,5837
Case16.2.2 (R2,R4,R0,R9,R0)	38,80581	159,7473	216,8244	250,5906	288,7308	302,6016	331,8212	358,5474
Case16.1.2 (R2,R3,R0,R9,R0)	38,85205	159,7936	216,8707	250,6369	288,7771	302,6479	331,8675	358,4958
Case16.2.1 (R1,R4,R0,R9,R0)	39,24984	160,1913	217,2685	251,0347	289,1749	303,0457	332,2653	359,1615
Case16.1.1 (R1,R3,R0,R9,R0)	39,29608	160,2376	217,3147	251,0809	289,2211	303,0919	332,3115	359,11
Case6.3 (R0,R5,R0,R9,R0)	37,45832	162,83	217,7334	249,5157	285,5497	301,6187	331,9093	357,8867
Case4.3 (R0,R5,R0,R9,R0)	35,10506	162,9717	217,7469	250,2468	287,064	300,7116	331,4448	357,8796
Case5.6 (R0,R8,R0,R0,R0)	21,3494	158,5635	217,7998	252,2152	291,0002	308,0909	340,6872	368,5091
Case3.6 (R0,R8,R0,R0,R0)	18,99614	158,7051	217,8133	252,9463	292,5145	307,1839	340,2227	368,1276
Case6.5 (R0,R7,R0,R9,R0)	37,65073	163,0224	217,9258	249,7082	285,7421	301,8111	332,1017	358,0792
Case4.5 (R0,R7,R0,R9,R0)	35,29747	163,1641	217,9393	250,4392	287,2564	300,904	331,6372	357,9728
Case13.2 (R2,R0,R0,R0,R0)	22,34034	160,0605	218,4163	253,1071	292,2133	306,7111	339,3627	368,5185
Case6.2 (R0,R4,R0,R9,R0)	38,14773	163,5194	218,4228	250,2052	286,2391	302,3081	332,5987	358,5762
Case4.2 (R0,R4,R0,R9,R0)	35,79447	163,6611	218,4363	250,9362	287,7534	301,401	332,1342	358,6784
Case6.1 (R0,R3,R0,R9,R0)	38,19397	163,5657	218,469	250,2514	286,2854	302,3543	332,645	358,6224
Case4.1 (R0,R3,R0,R9,R0)	35,84071	163,7073	218,4825	250,9824	287,7996	301,4472	332,1804	358,6268
Case5.4 (R0,R6,R0,R0,R0)	22,24098	159,4551	218,6913	253,1068	291,8918	308,9825	341,5788	369,4098
Case3.4 (R0,R6,R0,R0,R0)	19,88772	159,5967	218,7048	253,8378	293,406	308,0754	341,1142	369,0284
Case13.1 (R1,R0,R0,R0,R0)	22,78437	160,5046	218,8603	253,5511	292,6573	307,1551	339,8067	369,1326
Case17.6 (R0,R8,R0,R0,R0)	19,50434	162,3831	219,1657	252,9319	291,0721	305,4091	339,1871	367,6821
Case17.4 (R0,R6,R0,R0,R0)	20,39592	163,2747	220,0572	253,8234	291,9636	306,3006	340,0786	368,5829
Case5.3 (R0,R5,R0,R0,R0)	24,2821	161,4962	220,7325	255,1479	293,9329	311,0236	343,6199	371,4599
Case3.3 (R0,R5,R0,R0,R0)	21,92884	161,6378	220,746	255,879	295,4472	310,1166	343,1554	371,0784
Case5.5 (R0,R7,R0,R0,R0)	24,47451	161,6886	220,9249	255,3403	294,1253	311,216	343,8123	371,6809
Case3.5 (R0,R7,R0,R0,R0)	22,12125	161,8303	220,9384	256,0714	295,6396	310,309	343,3478	371,2994
Case5.2 (R0,R4,R0,R0,R0)	24,97151	162,1856	221,4219	255,8373	294,6223	311,713	344,3093	372,2587
Case3.2 (R0,R4,R0,R0,R0)	22,61825	162,3273	221,4354	256,5684	296,1366	310,806	343,8448	371,8772
Case5.1 (R0,R3,R0,R0,R0)	25,01775	162,2318	221,4681	255,8836	294,6685	311,7593	344,3555	372,2071
Case3.1 (R0,R3,R0,R0,R0)	22,66449	162,3735	221,4816	256,6146	296,1828	310,8522	343,891	371,8256
Case17.3 (R0,R5,R0,R0,R0)	22,43704	165,3158	222,0984	255,8646	294,0048	308,3418	342,1198	370,6329
Case17.5 (R0,R7,R0,R0,R0)	22,62945	165,5083	222,2908	256,057	294,1972	308,5342	342,3122	370,8539
Case17.2 (R0,R4,R0,R0,R0)	23,12645	166,0053	222,7878	256,554	294,6942	309,0312	342,8092	371,4317

Case17.1 (R0,R3,R0,R0,R0)	23,17269	166,0515	222,834	256,6002	294,7404	309,0774	342,8554	371,3801
Case15.1(R0,R0,R0,R9,R0)	32,49312	166,0549	222,8374	256,6036	294,7438	308,8828	340,7248	367,8171
Case12.6 (R0,R8,R0,R0,R0)	19,63744	164,1376	225,0584	261,2567	301,9379	317,0207	350,9923	379,7309
Case12.4 (R0,R6,R0,R0,R0)	20,52902	165,0292	225,9499	262,1482	302,8294	317,9122	351,8838	380,6317
Case7	19,329	164,8236	225,9732	262,3926	303,3048	318,4734	352,6386	381,5208
Case12.3 (R0,R5,R0,R0,R0)	22,57014	167,0703	227,9911	264,1894	304,8706	319,9534	353,925	382,6817
Case12.5 (R0,R7,R0,R0,R0)	22,76255	167,2628	228,1835	264,3818	305,063	320,1458	354,1174	382,9027
Case12.2 (R0,R4,R0,R0,R0)	23,25955	167,7598	228,6805	264,8788	305,56	320,6428	354,6144	383,4805
Case12.1 (R0,R3,R0,R0,R0)	23,30579	167,806	228,7267	264,925	305,6062	320,689	354,6606	383,4289
Case18 (R0,R0,R0,R0,R0)	31,7869	270,2093	365,6939	422,228	483,7706	506,6056	558,0776	598,9542
Case 18, Vakioidut päästöarvot 2020 (R0,R0,R0,R0,R0)	31,556	284,004	473,34	599,564	820,456	915,124	1230,684	1577,8

Liite 2. Vertailuvaihtoehtojen kumulatiivinen hiilijalanjälki GWP100 (tkgCO₂e). Rakennuksen elinkaar- ren vaiheet A1-A3, A4, B4-B6 sekä C.



Liite 3. Käytettyjen ympäristöselosteiden (EPD) ja LCI listaus

Tietolähde	Tekniset ominaisuudet	Tuote	Valmistaja	EPD-ohjelma	EPD:n numero	Tietolähde	Standardi	Verifointi	Vuosi	Maa	Päästötietokanta	Tiheys	Tuoteryhmäsäännöt (PCR)	Huomiot PCR:stä
Aurinkopaneelijärjestelmä			Gaia Solar	One Click LCA	-	One Click LCA	ISO14040	Sisäisesti verifioidut	2014	LOCAL	ecoinvent		-	Only with EN15804
Aurinkopaneelijärjestelmä				One Click LCA	-	One Click LCA	ISO14040	Sisäisesti verifioidut	2015	LOCAL	ecoinvent		-	Only with EN15804
Aurinkopaneelijärjestelmä				One Click LCA	-	One Click LCA	ISO14040	Sisäisesti verifioidut	2013	LOCAL	ecoinvent		-	Only with EN15804
Dispersion-based adhesives and resins	Class A, 1.0-1.5 kg/l		FEICA	IBU	EPD-FEI-20160084-IBG1-EN	EPD Dispersion-based products, Class A FEICA - Association of the European Adhesive and Sealant Industry	EN15804+A1	Kolmannen osapuolen verifioima (ISO 14025 mukainen)	2016	eu-rope	GaBi	1250.0	PCR Coatings with organic binders, 07/2014	Only with EN15804
Eriste, PIR	L=0.023 W/mK, T: 30-240 mm, 33 kg/m ³ (36.2 kg/m ³ with alu. coating)	FF-PIR	Finnfoam	RTS	RTS EPD 3	RTS EPD, No. 3, Finnfoam PIR, OneClickLCA Oy, 2017	EN15804+A1	Kolmannen osapuolen verifioima (ISO 14025 mukainen)	2017	fin-land, OCLEP D	ecoinvent	33.0	EN15804+A1	-

Eriste, kivivilla/mineraalivilla, puhallettava			Paroc	EPD Norge	NEPD0026 7E	EPD Paroc Insulation, product group with density 70-120 kg/m ³ , Paroc AB	EN15804+ A1	Kolmannen osapuolen verifioima (ISO 14025 mukainen)	2014	finland, sweden	GaBi	35.0	NPCR 012 Insulation materials, rev1. LCA of PAROC stone wool produced at Scandinavian plants.	Only with EN15804
Fortum Power and Heat Oy, Joensuu						LCA study based on Kaukolämpötilasto 2019 and Ecoinvent 3.3, OneClickLCA Ltd (2021)	ISO14040	Kolmannen osapuolen verifioima (ISO 14025 mukainen)	2019	finland				
Glass wool insulation	33 mm, 0.033 W/mK, 693 g/m ² , 21 kg/m ³	ISOVER KL-33 Multi-Pack	Saint-Gobain	EPD Norge	NEPD-1205-376-EN	EPD ISOVER KL-33 Multi-Pack Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy ISOVER	EN15804+ A1	Kolmannen osapuolen verifioima (ISO 14025 mukainen)	2016	finland	ecoinvent	21.0	NPCR 012 Insulation materials, 2012	Only with EN15804

Glass wool insulation	41 mm, 615 g/m ² , 15 kg/m ³ , Lambda= 0.041 W/(m.K)	ISOVER InsulSafe	Saint-Gobain Finland	EPD Norge	NEPD-1945-861-EN	EPD ISOVER InsulSafe Saint-Gobain Finland Oy / ISOVER	EN15804+A1	Kolmannen osapuolen verifioima (ISO 14025 mukainen)	2019	finland	ecoinvent	15.0	NPCR 012:2018 Part B for Thermal insulation products	Only with EN15804
Gypsum plasterboard, regular	9.5 mm, 7.0 kg/m ²	Clima Board	Knauf	International EPD System	S-P-02001	EPD Plasterboards	EN15804+A1	Kolmannen osapuolen verifioima (ISO 14025 mukainen)	2020	sweden	ecoinvent	736.8 4210 52631 579	PCR 2012:01 for Construction Products and Construction Services, version 2.31.	Only with EN15804
IV-järjestelmä teräsputkin, huoneistokohtainen, huoneala m ²				One Click LCA	-	One Click LCA	ISO14040	Sisäisesti verifioidut	2013	LOCAL	ecoinvent	-	-	Only with EN15804
Ilmanvaihtokone+LTO, 190 litraa / s				One Click LCA	-	One Click LCA	ISO14040	Sisäisesti verifioidut	2011	LOCAL	ecoinvent		EN15804	-

Kaukolämpö - 2020 päästötaso (ei huomioi pääs- töjen vähenemää)										finland				
Kaukolämpö, Suomi (2020-2070, 50v käyttöikä)						Rakennusten vähähiilisyys- arviointimene- telmä, 30.8.2019.			2019	finland				
Kipsilevy	12.5 mm, 8.40 kg/m ² , 672 kg/m ³	Gyproc GN13 Nor- maali - Standard Board	Saint Gobain	RTS	RTS_24_1 9	EPD Gyproc GN13 Normaali - Standard Board	EN15804+ A1	Kolmannen osapuolen verifioima (ISO 14025 mukainen)	2019	finland	ecoinvent	672.0	RTS PCR protocol: EPDs pub- lished by the Building Information Foundation RTS sr (2016)	Only with EN15804
Kiteinen aurinko- paneeli	per m ²		Ympäristö- ministeriö, Rakennus- ten vähähii- lisyyden ar- viointimene- telmä, 30.8.2019	-	-	Rakennusten vähähiilisyys- arviointimene- telmä, 30.8.2019	EN15804	Kolmannen osapuolen verifioima (ISO 14025 mukainen)	2019	finland	-		EN15804	-

Lithium iron phosphate (LiFePO4) battery, per 1kWh storage				OKOBAUDAT	-		Oekobau.dat 2020-II	EN15804+A1	Kolmannen osapuolen verifioima (ISO 14025 mukainen)	2020	germany	GaBi		EN15804+A1	-
Ohutkalvopaneel	per m2		Ympäristöministeriö, Rakennusten vähähiilisyysarviointimenetelmä, 30.8.2019	-	-		Rakennusten vähähiilisyysarviointimenetelmä, 30.8.2019	EN15804	Kolmannen osapuolen verifioima (ISO 14025 mukainen)	2019	finland	-		EN15804	-
Photovoltaic monocrystalline panel (PV), per kWc	42mm, 1.66m2, 19.23kg, 60 cells per module	TARKA VSMS 300	VOLTEC SOLAR	INIES		VSOL-00001-V01.01-FR, 14125	PEP	EN15804+A1	Kolmannen osapuolen verifioima (ISO 14025 mukainen)	2019	eu-rope	ecoinvent		PEP-PCR-ed3-FR-2015 04 02	ISO 14025
Puhallusvilla, kierätystä selluloosakuidusta	installation density 28-55 kg/m3, Lambda= 0.038 W/(m.K)		Ekovilla	-	-		EPD Ympäristöseloste, Puhallusvilla, Ekovilla Oy	EN15804+A1		2020	finland	GaBi		RTS PCR Menetelmäohje	Only with EN15804

Puualumiini-ikkuna, kolminkertainen lasi, valmistettu Eskolassa	170 mm depth, U-value = 1,0 W/m ² K	Tiivi MSEI-A	PihlaGroup, Eskola plant	RTS	RTS_36_19	EPD PihlaGroup Puualumiini-ikkuna MSEI-A Eskola	ENI5804+A1	Kolmannen osapuolen verifioima (ISO 14025 mukainen)	2019	fin-land, OCLEP D	ecoinvent		RTS PCR protocol: EPDs published by the Building Information Foundation RTS sr (2016)	Only with ENI5804
Sahatavara	460 kg/m ³ , sawntimber: thickness 15-140 mm, moisture 10-20 ± 3%, strength-graded timber: thickness 32-90 mm, moisture 15-18 ± 2%	Classic Sawn	Stora Enso	-	-	EPD Classic Sawn by Stora Enso	ENI5804+A1	Kolmannen osapuolen verifioima (ISO 14025 mukainen)	2018	aus- tria, neth- er- lands, fin- land, esto- nia, latvia, swe- den, russia, czechR epub- lic	ecoinvent	460.0	ENI5804+A1	-

Sinkitty ja maalattu teräspeltikate 0,5 mm			Ruukki	-	-	Painted building products, Ruukki 2014	EN15804+A1	Kolmannen osapuolen verifioima (ISO 14025 mukainen)	2014	finland	GaBi	7850.0	EN15804+A1	-
Stone wool insulation	36 mm, 29.5 kg/m ³ , 1.06 kg/m ² (for R=1 Km ² /W), Lambda= 0.036 W/(m.K)	eXtra	Paroc	EPD Norge	NEPD-1976-873-EN	EPD PAROC Stone Wool Thermal Insulation (eXtra) PAROC Building Insulation	EN15804+A1	Kolmannen osapuolen verifioima (ISO 14025 mukainen)	2019	swe-den, finland	GaBi	29.to uko	NPCR 012:2018 Part B for Thermal insulation products	Only with EN15804
Tuulensuojalevy	9.5 mm, 7.10 kg/m ² , 747 kg/m ³	Gyproc GTS 9 Tuulensuojalevy - Sheathing Board	Saint Gobain	RTS	RTS_26_19	EPD Gyproc GTS 9 Tuulensuojalevy - Sheathing Board	EN15804+A1	Kolmannen osapuolen verifioima (ISO 14025 mukainen)	2019	finland	ecoinvent	747.0	RTS PCR protocol: EPDs published by the Building Information Foundation RTS sr (2016)	Only with EN15804
Ulko-ovi, puurakenteinen				One Click LCA	-	OneClickLCA	EN15804+A1	Sisäisesti verifioidut	2011	LOCAL	ecoinvent	-	-	Biogenic CO ₂ separated

Underroof membrane PP	0.15 kg/m2			OKOBAUDAT	-	Oekobau.dat 2020-II	EN15804+A1	Kolmannen osapuolen verifioima (ISO 14025 mukainen)	2020	germany	GaBi		EN15804+A1	-
Verkkoinvertteri	per unit		Ympäristöministeriö, Rakennusten vähähiilisuuden arviointimenetelmä, 30.8.2019	-	-	Rakennusten vähähiilisuuden arviointimenetelmä, 30.8.2019	EN15804	Kolmannen osapuolen verifioima (ISO 14025 mukainen)	2019	finland	-		EN15804	-
Verkkosähkö, Suomi (2011-2015 keskiarvo)				One Click LCA		LCA study for country specific electricity mix based on Statistics Finland, OneClickLCA 2017		Sisäisesti verifioidut	2015	finland	ecoinvent			
Verkkosähkö, Suomi (2020-2045, 25v käyttöikä)				-		Rakennusten vähähiilisuuden arviointimenetelmä, 30.8.2019.			2020	finland				

Verkkosähkö, Suomi (2020-2070, 50v käyttöikä)				-		Rakennusten vähähiilisyden arviointimene- telmä, 30.8.2019.			2019	finland				
Verkkosähkö, Suomi - 2020 päästötaso (ei huomioi päästöjen vähennemää)				-		Rakennusten vähähiilisyden arviointimene- telmä, 30.8.2019.			2019	finland				
Vesiohenteiset si- sämaalit	1.36 kg/L, average coverage 8-10 m2/L	Biora, Ekora, Ko- libri Sand, Paneeli- katto- maali, Ranch, Superla- teksij, Ta- pettipoh- jamaali, Tek- nospro, Tela, Ti- mantti, Trend	Teknos	RTS	RTS_14_18	EPD RTS EPD, Water-borne interior paints	EN15804+ A1	Kolmannen osapuolen verifioima (ISO 14025 mukainen)	2018	fin- land, OCLEP D	ecoinvent	1360. 0	RTS PCR protocol: EPDs pub- lished by the Building Information Foundation RTS sr (2016)	Only with EN15804

Vihreä sähkö, Suomi (aurinko 10 %, vesi 30%, tuuli 60 %)				One Click LCA		LCA study for country specific electricity mix based on Helen and Ecoinvent, OneClickLCA 2018		Sisäisesti verifioidut		finland	ecoinvent			
Wood frame bal- cony glass door, with aluminium cladding	99.35 kg/unit, 1.23x2.18 m		Lian Treva- refabrikk	EPD Norge	NEPD- 2533- 1275-NO	EPD Lian Utadslående vindusdør Lian Trevarefabrikk AS	EN15804+ A1	Kolmannen osapuolen verifioima (ISO 14025 mukainen)	2020	nor- way	ecoinvent		NPCR 014 version 3.0 - Part B for windows and doors	Only with EN15804
Wooden interior door, per m2	809x2053 mm, 42x92 mm frame, 52 mm door leaf		Nordic Dør- fabrikk	EPD Norge	NEPD- 1535-525- EN	EPD Climate door / interior door Nordic Dørfabrikk AS	EN15804+ A1	Kolmannen osapuolen verifioima (ISO 14025 mukainen)	2018	nor- way	ecoinvent		NPCR 014 Windows and doors, rev1, 03/2013	Only with EN15804