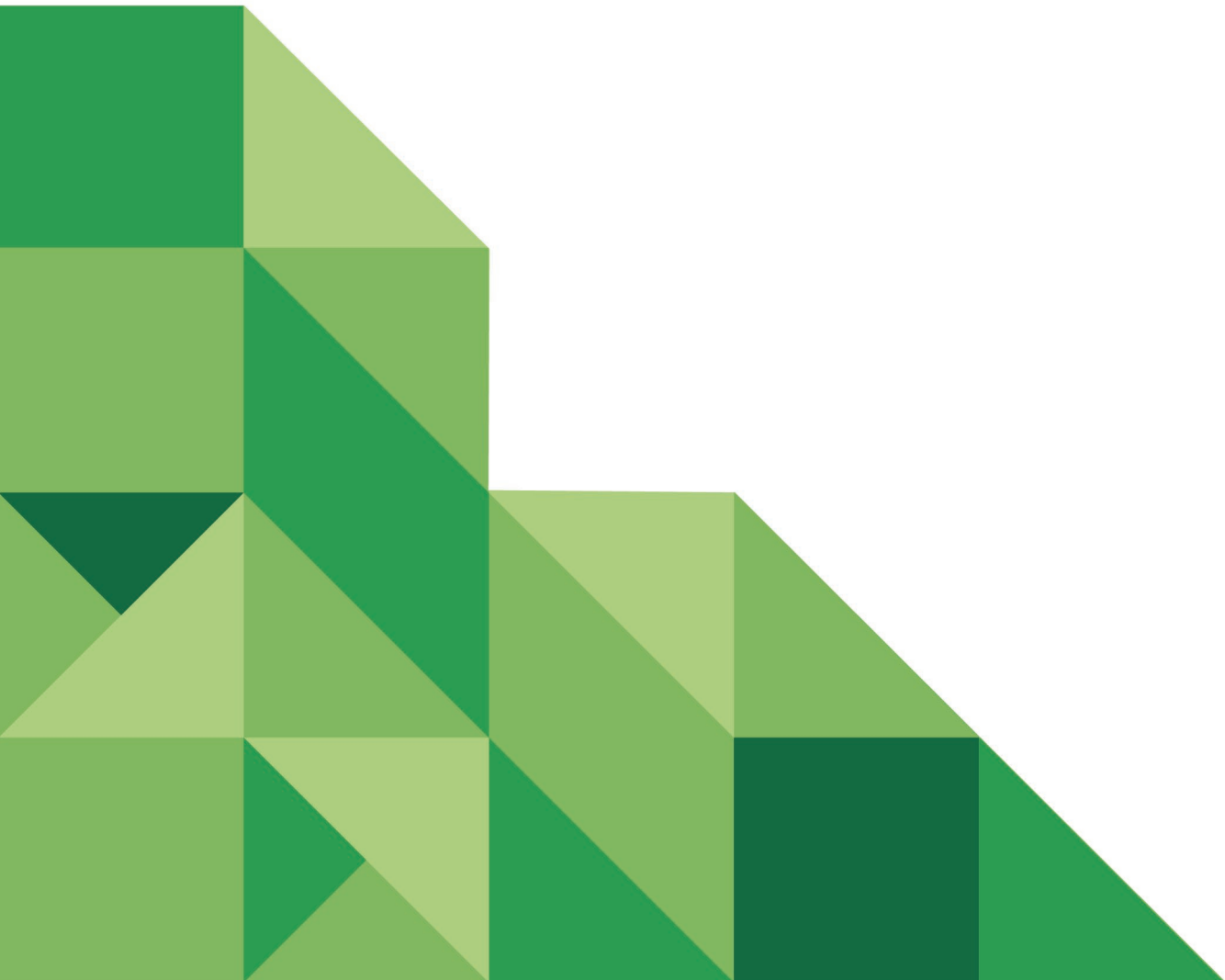


Mika Keskisalo, Jari Kuusisto, Mikko Matveinen

# **Ympäristövaikutusten arviointi 80-luvun liikerakennuksen kiinteistökehittämisessä**

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



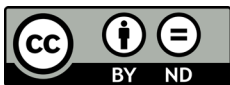
Julkaisusarja

Karelia-ammattikorkeakoulun julkaisuja C: Raportteja, 94

Tekijät

Mika Keskisalo, Karelia-ammattikorkeakoulu  
Jari Kuusisto, Karelia-ammattikorkeakoulu  
Mikko Matveinen, Karelia-ammattikorkeakoulu

© Tekijät ja Karelia-ammattikorkeakoulu



Tämä julkaisu on lisensoitu Creative Commons Nimeä-EiMuutoksia 2.0 Kansainvälinen -lisenssillä.

ISBN 978-952-275-365-6

ISSN 2323-6914

Karelia-ammattikorkeakoulu 2022



**BUSINESS  
JOENSUU**

J | W | T | H | E



**Vipuvoimaa  
EU:lta  
2014-2020**

# Sisällys

Johdanto.....	5
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	6
1 Tutkimuksen tarkoitus ja rakennuksen tiedot .....	8
1.1 Arvioinnin perustiedot .....	9
1.2 Arvioitu rakennus, yleistiedot.....	10
1.3 Arvioidun rakennuksen käyttöenergia (vesi/sähkö/huolto) .....	11
2 Tarkasteltavan kohteen lähtötiedot.....	13
2.1 Kohteen suunnittelijoiden tiedot.....	13
2.2 Toronkulman nykyinen rakennustekniikka ja rakenteet.....	13
2.3 Kantavat rakenteet.....	15
3 Energiasimuloinnissa käytetyt rakenteet ja määrittäminen .....	16
3.1 Toronkulman nykyiset LVIA-järjestelmät.....	18
4 Tutkimuksen tavoite ja rajaus .....	19
5 LCA-arvioinnin tavoite .....	24
5.1 One Click LCA arviointityökalun kuvaus.....	26
6 Arvioidut vaikutuskategoriat.....	27
7 Arviointiin sisältyvät rakennusosat .....	28
8 Ympäristötietolähteet .....	30
9 Projektin tietolähteet ja oletukset.....	31
9.1 Muut oletukset laskennassa .....	34
10 Arviointikohteen korjaustoimenpiteet .....	35
10.1 Yhteenveto korjaustarpeista.....	35

11 Energiasimulaatiossa käytettyjen rakennusosien ja järjestelmien kuvaus .....	38
12 Yksityiskohtaiset arviointitulokset energiasimulointien ja GWP osalta .....	40
12.1 Energiasimulointien tulokset .....	40
12.2 LCA elinkaariarvioinnin tulokset GWP100 .....	43
13 LCA-tulosten arviointi .....	45
13.1 Yhdistelmävaihtojen esiintyvyys tarkasteluajanjaksojen osalta .....	50
14 Vertailuarvot .....	54
15 Toronkulma yhteenveto.....	55
16 Energiasimulointien pohjalta ehdotetut toimenpiteet.....	57
17 Elinkaarikustannukset (LCC) korjaustoimenpiteiden osalta.....	61
18 GWP ehdotetut vähennystoimenpiteet.....	68
19 Tutkimuksen kriittinen arviointi.....	71
20 Pohdinta .....	72
Lähteet .....	73
Liitteet .....	74
Liite 1. Rakennusosakohtaiset jätemaksu- ja materiaalikustannukset	
Liite 2. Rakennustyyppikohtaiset työmenekit	

# 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 valmistunutta asuin- ja palvelurakennusta. Korjausrakentamisen volyymi 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 peruskorjauksen vaikutuksia case-kohteessa hiilijalanjäljen, energiatehokkuuden sekä kustannusten näkökulmasta. Tässä raportissa on kuvattu seikkaperäisesti suoritettun arvioinnin toteutusta sekä tuloksia.

Joensuussa 5.9.2022

Mikko Matveinen  
projektipäällikkö

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

# Käytetyt termit ja lyhenteet

Laajempi termien selostus löydettävissä täältä: <https://www.lifecycleinitiative.org/resources/life-cycle-terminology-2/>

## **BIM (Building Information Modelling)**

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

## **CO<sub>2</sub>, Hiilidioksidi**

Kasvihuonekaasu ja kemiallinen yhdiste, joka koostuu hiilestä ja hapesta.

## **CO<sub>2</sub>e, 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 valmistetun tuotteen tai tuoteryhmän varmennetut ja vertailukelpoiset ympäristövaikutukset.

## **E-luku**

Rakennuksen tai sen osan kokonaisenergiankulutus.

## **Hiilijalanjälki**

Kuvaa tuotteen tai palvelun ilmastovaikutusta muunnettuna hiilidioksidiekvivalenteiksi.

## **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.

## **Hiilikädenjälki**

Tuotteesta tai palvelusta syntyvien ilmastohyötyjen summa muunnettuna hiilidioksidiekvivalenteiksi. Ympäristöministeriön Vähähiilisyyden arviointimenetelmässä hiilikädenjäljellä tarkoitetaan koko elinkaaren aikana syntyviä absoluuttisia päästöhyötyjä,

joita ei syntyisi ilman rakennushanketta. Muissa määritelmissä 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 arviointimethodologia, jossa voidaan huomioida useita eri ympäristövaikutusluokkia, mukaan lukien hiilijalanjälki.

# I Tutkimuksen tarkoitus ja rakennuksen tiedot



Kiinteistö Oy Joensuun Toronkulma. Kuva: Kuntoarvioraportti, Rakennuttajatoimisto Protiimi Oy.

**Kohteen nimi:** Kiinteistö Oy Joensuun Toronkulma

**Arvioija ja arvioijan koulutus:**

ENERGIASIMULOINTI: Projektisuunnittelija, Jari Kuusisto, Insinööri (AMK)

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



## 1.1 Arvioinnin perustiedot

Tutkimuksen tarkoitus:	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. Arviointi suoritetaan liike- ja korjaamorakennukselle GWP- indikaattorin näkökulmasta huomioiden rakennuksen elinkaaren vaiheet A1-A5, B4-B6, C1-C4 sekä D. Myös elinkaaren kustannukset otetaan huomioon.
Hankkeen tyyppi:	Olemassa oleva/peruskorjauskohde
Arviointimenetelmä:	EN 15978:2011 (LCA), Energiasimuloinnit Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2010
Kieli	Suomi
Tutkimuksen lähtötiedot (tyyppi)	Lähtötietoina suunnitteludokumentit: 2D-dokumentit, asiakirjat sekä IFC inventointimalli (Karelia AMK)
Tiedot varmennettu jälkiseurannalla	Tietoja ei jälkivarmenneta vaan tiedot perustuvat suunnitteludokumentteihin
Rakennuksen elinkaari	Keskeneräinen

## 1.2 Arvioitu rakennus, yleistiedot

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

Rakennusluokitus (2018)	03 Liikerakennukset/ 031/0310 (myymälätilan ja korjaamon osalta)
Rakennus- tai peruskorjausvuosi	Rakennusvuosi 1982 ja peruskorjausvuotta ei ole määritetty, arvioinnissa käytetty vuotta 2022
Pinta-ala/ huoneistoala (lämmin)	1413 m <sup>2</sup>
Pinta-ala (puolilämmin/kylmä)	N/A
Bruttoala b-m <sup>2</sup> /kerrosala	1461 m <sup>2</sup>
Tilavuus	7810 m <sup>3</sup>
Ilmastovyöhyke	<i>Finland zone 5, Jyväskylän säävyöhykkeen (vyöhyke III) vuoden 2012 säädäntämukaisesti</i>
Rakennuksen toiminnot ja palvelut	<ol style="list-style-type: none"> <li>Sähkötukkuliikkeen myymälätilat sekä varastotilat.</li> <li>Korjaamo- ja huoltamotilat</li> <li>Varastotilat (kylmä)</li> </ol> <p>Katetut ulkotilat (katos)</p>
Rakennuksen käyttömäärät	Käyttöajat/määrät ovat Ympäristöministeriön ohjeiden mukaisesti liikehuoneistolle. Luokka 4
Kerroslukumäärä ja kuvaus	Yksikerroksinen sisältäen sos. tilojen yläpuolelle sijoitetun IV-konehuoneen.
Lämmitys/jäähdytysjärjestelmä	Kaukolämpö, ilmalämmitys
Energiatohokkuusluokka (E-luku)	Energiatohokkuusluokkaa/ E- lukua ei ole määritetty kohteelle
Muut relevantit käyttäjän asettamat tai asetetut rakennusmääräykset	Ei muita erityisvaatimuksia
LCC-laskenta-aika	11 vuotta (suunniteltu käyttöikä 50 vuotta) ja 21 vuotta (suunniteltu käyttöikä 60 vuotta). Teoreettinen tarkastelu lisäksi 50 vuotta.
LCA-laskenta-aika	Suunnitellun käyttöiän mukainen jäljellä oleva käyttöikä 11 ja 21 vuotta.
Rakennuksen suunniteltu käyttöikä	50 vuotta

### Rakenteiden erittely:

**Kantavat rakenteet:** Liimapuinen pilari- palkkirunko

**Vesikatto:** Tasakatto, puurakenteinen (vasat ja orret), bitumikermikate

**Perustamistapa:** Teräsbetoniset pilarianturat ja sokkelipalkit

**Perusmuuri:** Teräsbetoni, sokkelipalkit

**Alapohja:** Maanvarainen teräsbetoni-laatta (raudoitus 5015),  
lattiapäällyste kvartsivinyylilaatta.

**Ulkoseinät:** Puurakenteinen sahatavara-runko 50x150 k600+mineraalivilla,  
ulkoverhouksena profiilipelti 45 mm (poimu)

**Ikkunat:** Kiinteät metalli-ikkunat

**Ulko-ovet:** Metalliuulko-ovia ja metallinosto-ovia

**Välipohjat:** Puurakenteinen sosiaalitulojen ja IV-tilan välinen rakenne

**Väliseinät:** Tiilirakenteisia maalattuja seiniä (palo-osastointi) sekä  
puu-levyrakenteisia seiniä (sos. tilat ja oleskelutilat, ei kantava)

**Ilmanvaihto:** Koneellinen ilmanvaihto

(Lähde: Rakennuttajatoimisto Protiimi Oy, Johanna Kinnusen koostama kuntoarvioreportti)

## 1.3 Arvioidun rakennuksen käyttöenergia (vesi/sähkö/huolto)

Vakioidulla käytöllä oleva ostoenergia, sähkö	Simulointi, nykyinen (run10001): 98245,7 kWh/vuosi Kulutuslukema 2020: 112024 kWh/ vuosi
Vakioidulla käytöllä oleva ostoenergia, kaukolämpö	Simulointi, nykyinen (run10001): 204700 kWh/vuosi Kulutuslukema 2020: 175000 kWh/vuosi
Energiankulutus yhteensä, vuotuinen (ostoenergia)	Nykyinen (run10001): 302945,7 kWh/vuosi Kulutuslukema 2020: 287024 kWh/vuosi
Veden kulutus, vuotuinen	100 m <sup>3</sup> /vuosi
Vuotuinen korjausbudjetti	N/A
Huolto- ja ylläpitokustannukset, vuotuiset	N/A
Jätehuoltokustannukset, vuotuinen	N/A
Kiinteistöverot tai kiinteistövuokrat	N/A
Rakennuksen kustannusarvio	N/A M€ alv 0%

HUOM! Edellä olevan taulukon tiedot perustuvat simulointien pohjalta laadittuihin arvioihin sekä todellisiin kulutuslukemiin sisältäen käyttäjien sähkönkulutukset. Todelliset kulutuslukemat perustuvat KOy Toronkulma 2020 toimintakertomukseen sekä vuoden 2020 kulutuslukemiin.

## 2 Tarkasteltavan kohteen lähtötiedot

### 2.1 Kohteen suunnittelijoiden tiedot

Olemassa olevan rakennuksen suunnittelijoiden tiedot (1982):

**Arkkitehtisuunnittelu, pääpiirustukset v.1982:**

Vilho Suonmaa

**Rakennesuunnittelu, rakennepiirustukset v.1982:**

Erkki Juva Oy. Nimikirjaimet: Mvi

**LVI-suunnittelu, LVI- piirustukset v.1982:**

Insinööritoimisto Mäkelä & Saastamoinen, Erkki Saastamoinen

**SÄH-suunnittelu, sähköpiirustukset v. 1983:**

-

Korjausrakennuskohteen suunnittelijoiden tietoja ei ole saatavilla (peruskorjausajan-kohtaa ei ole määritetty). Arvioinnin tietoina käytetään arvioitaviin toimenpiteisiin ohjaavia RAK-asiakirjoja, jotka on laatinut Mika Keskisalo/Karelia-amk.

### 2.2 Toronkulman nykyinen rakennustekniikka ja rakenteet

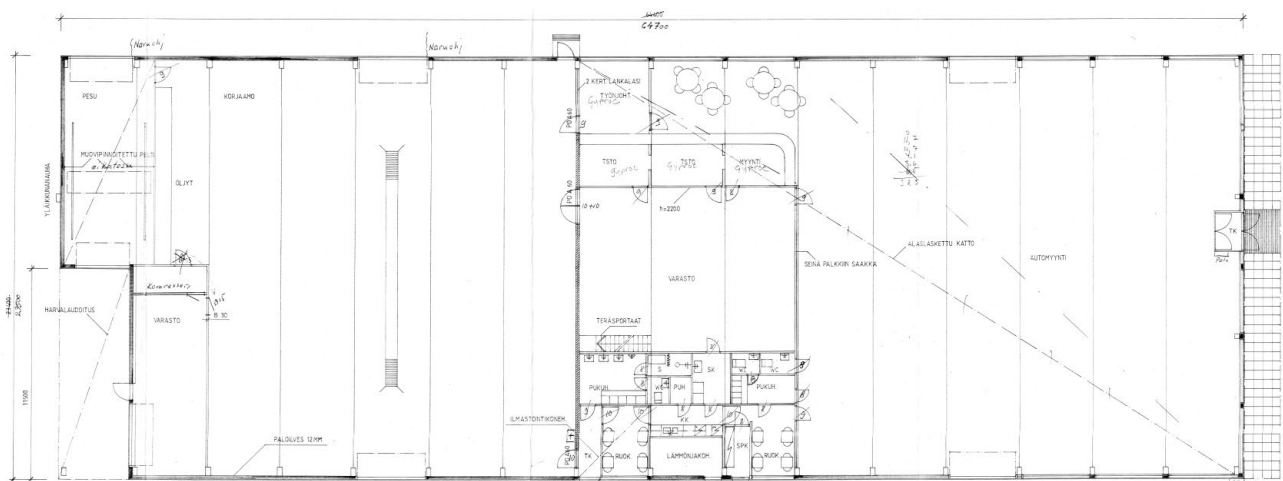
Kohteen tiedot perustuvat Toronkulman osalta alkuperäisiin ARK/RAK suunnittelu-asiakirjoihin (1982) sekä suunniteltujen korjaustoimenpiteiden kuvauksen osalta Rakennuttajatoimisto Protiimi Oy, Johanna Kinnusen koostamaan kuntoarvioraporttiin (2018), jonka osa-alueiden tarkastuksista ja raportoinnista ovat vastanneet:

- Rakennustekniikka: Rakennuttajatoimisto Protiimi Oy, Johanna Kinnunen
- LVI- tekniikka: LVI- insinööritoimisto Akel Oy, Mikko Jukarainen
- Sähkötekniikka: Sähkösuunnittelu Juha Eskelinen Oy, Juha Eskelinen
- Tilaajan edustajat: KKES Karjalaisen Kulttuurin Edistämissäätiö, Eero Kuittinen ja Jouni Judin

Rakenneosien tarkemmat kuvaukset sekä paksuudet ovat nähtävissä rakennetyypeistä. Tulevissa kohdissa on otteita kyseisistä asiakirjoista.

Toronkulmassa sijaitsee entisissä automyyntitiloissa sähkötukkumyyntiliike SLO. Aikaisempaan avoimeen hallitilaan on toiminnan vaihtuessa rakennettu myös matalat uudet sos. tilat/ toimistot. Entisen automyyntin yhteydessä sijainnutta varastotilaa on laajennettu purkamalla ulkoseinälinjalla olleista tiloista toimistotilat sekä myyntin tilat. Aikaisemmat sosiaalitulat yhdessä IV- konehuoneen kanssa ovat myös nykyisin aikaisempaa vastaavassa käytössä.

Entisen korjaamotilan käyttötarkoitus on säilynyt lähes ennallaan toimien korjaamotilana. Korjaamotilasta on kuitenkin eriytetty osuuksia kevyiden väliseinien avulla eri liiketiloiksi/ korjaamoiksi. Aikaisempaan pesutilana toiminut tila on nykyisellään säilytystilana ollen pääasiassa lämmittämätöntä kylmää tilaa. Varastotilaksi osoitettu pienempi tila on edelleen varastokäytössä yhdessä kompressoritilan kanssa. Rakennuksessa ei ole hissiä ja käynti IV- konehuoneeseen tapahtuu puuportaita pitkin. IV- konehuone tukeutuu välipohjan osalta sosiaalitulojen väliseinien päälle ja ne ovat tällöin kantavia.



Kuva 1. Pohjapiirros, 1 kerros (ARK, Vilho Suonmaa. 1982)

Toronkulman ulkoverhous on toteutettu profiilipellillä. Lämmöneristeenä on käytetty ulkoseinissä mineraalivillaa (paksuus 150 mm) yhdessä tuulensuojaeristeen kanssa (paksuus 13mm). Sisäpuolisena levytyksenä toimii Palo-Ilves, joka on sementtilastulevyä.

## 2.3 Kantavat rakenteet

Rakennuksen pääasiallinen kantava sekä jäykistävä pilari-palkkirunko on liimapuura-kenteinen. Ulkoseinien ja muuratun väliseinärakenteen voidaan olettaa välittävän vaaka-voimia osittain.

Muurattujen osastoivien seinien paksuus on 130 mm liittyen liimapuupalkiston alapintaan. Yläpohjan ja välipohjan hyötykuormien arvoja ei ole ilmoitettu suunnitteluasiakirjoissa, jolloin niiden oletetaan vastaavan RakMk B1 1978 määräystason arvoja.

Rakennuksen perustustapana toimii paikallavaletut teräsbetoniset pilarianturat kehärakenteen/ pilari-palkkirungon 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 reuna-alueilla. Keski-alueilla sen sijaan ei ole käytetty alapuolista lämmöneristystä alapohjassa.

Vesikattorakenne on sekundäärirakenne koostuen sahatavaravasoista sekä orsista, jotka tukeutuvat primääri liimapuupalkiston varaan. Vesikaton jäykistys on toteutettu tällöin todennäköisesti vasojen yläpuolisilla ruoteilla (50x100 k800). Yläpohjan lämmöneristeenä on käytetty mineraalilevyvillaeristystä paksuutena 100+100= 200 mm. Lisänä alapuolinen kova mineraalivillaeriste OL-E 50 mm, joka toimii samalla näkyvänä pintana korjaamotilojen osalta. Kuntoarviossa toimenpide-ehdotuksena on mainittu yläpohjan villalevyjen pinnoittamista kuten on tehty jo myymäläpuolella.

Vesikatteena kumibitumikermikate, jonka alla raakaponttilauta todennäköisesti ilman aluskatetta.

Ei-kantavat seinärakenteet koostuvat yhteiskäyttötilojen sekä sosiaali-tilojen osalta levyrakenteisista sahatavaraseinistä, jotka ovat kahdelta puolelta levytettyjä. Märkätilojen osalta seinät on toteutettu samalla rakenteella.

# 3 Energiasimuloinnissa käytetyt rakenteet ja määrittäminen

Rakenteiden nykyhetken U-arvot (k-arvo) perustuen rakennetyyppikohtaisiin arvioituihin U-arvoihin sekä rakentamisajankohtana voimassa olleeseen Suomen Rakentamismääräyskokoelma C3 Lämmöneristys 1978 arvoihin.

Taulukko 1. Nykyisen rakenteen k-arvot (U-arvo) RakMK C3 (1978) mukaan, lämpimät tilat.

Rakenneosa	k-arvo W/(m <sup>2</sup> K) (RakMK C3, 1978)
Kevyet seinärakenteet enintään 100 kg/m <sup>2</sup>	0,29
Raskaat seinärakenteet yli 100 kg/m <sup>2</sup>	0,35
Kevyet yläpohjat enintään 100 kg/m <sup>2</sup>	0,23
Raskaat yläpohjat yli 100 kg/m <sup>2</sup>	0,29
Maata vasten olevat alapohjat	0,4
Valoaukko	2,1
Oven umpiosa, tuuletusluukku	0,7
Näyteikkuna	3,1

Taulukko 2. Nykyisen rakenteen lasketut U-arvot RakMK C3 (2010) mukaan. Poikkeuksena ikkunat, joiden arvo laskettu käyttäen Pilkington Spectrum ohjelmaa.

Rakennetyyppi/ Rakenneosa	U-arvo W/(m <sup>2</sup> K)
Ulkoseinä	0,28
Maanvarainen alapohja (ilman maatyttöjen vaikutusta)	0,36
Yläpohja	0,22
Ikkuna, näyteikkunat	3,6
Ovi	-



Taulukko 3. Nykyisen rakenteen energiasimuloinnissa käytetyt U- Arvot

Rakenneosa	U-arvo W/(m <sup>2</sup> K) (RakMk C3, 1978)
Ulkoseinä	0,28
Maanvarainen alapohja	0,36
Yläpohja	0,22
Ovi, pienet käyntiovet	1,42
Nosto-ovi	2,113
Ikkuna, mm. sos. tilat	2,09
Ikkuna, näyteikkunat	2,09

Ikkunat ovat kiinteitä metalli-ikkunoita ja ne ovat alkuperäisiä vuodelta 1982. Ikkunoiden tekninen käyttöikä on 50 vuotta, jolloin arviointiajankohdasta niillä on käyttöikää jäljellä 10-20 vuotta. Tässä tutkimuksessa ikkunoiden U-arvona on käytetty oletusta 2,09 W/(m<sup>2</sup>K) sekä g-arvon osalta 0,55. Case simuloinnissa uusittavien ikkunoiden U-arvona 1,00-1,5 W/(m<sup>2</sup>K) ja g-arvo 0,50.



Kuva 1. Kohteen ovia. Kuva: Kuntoarvioraportti, Rakennuttajatoimisto Protiimi Oy.

Rakennuksen käyntiovet ovat ikkunallisia metalliovia. Nosto-ovet ovat teräspintaisia ja paneeleista koostuvia, joissa on ikkunat yhdessä paneelissa.

### 3.1 Toronkulman nykyiset LVIA-järjestelmät

Kiinteistössä on koneellinen ilmanvaihto: kaksi erillistä tulo- ja poistoilmakonetta ja muutamia huippuimureita. IV-koneissa ei ole lämmöntalteenottoa, vaan osa poistoilmasta johdetaan suoraan tuloilmaan. Toinen kone hoitaa myymälän ja toinen ottaa autokorjaamon puolen, sosiaalitalalla on oma huippuimuri. Pääasiallinen rakennuksen lämmittäminen tapahtuu tuloilmalla.

Kiinteistö on liitetty Joensuun Fortum Oy:n kaukolämpöverkkoon ja lämmönsiirrin on alkuperäinen vuodelta 1982 (LPM). Lämpöjohtoverkosto on alkuperäinen teräsputkisto mineraalivillakourueristeellä. Lämpöputket on tehty pääosin pinta-asennuksena sekä alakattorakenteiden sisään. Lämpöjohtoverkoston linjasäätöventtiilit ovat (Tour & Andersson) alkuperäisiä ja sulkuventtiilit ovat Oraksen palloventtiileitä. Lämmönsiirrin on alkuperäinen, johon on uusittu osia. Liittymäteho kiinteistöön on 188kw ja suurin kolmen tunnin teho on ollut kovimmilla pakkasilla 90kw. Rakennukseen lämpö siirretään pattereilla, kiertoilmakojeilla ja ilmastoinnin kautta. Hallitiloissa lämmityksen jakaa ilmastointi ja kiertoilmakoneet. Pattereita on pääosin sosiaalitaloissa. Lämpöpatterit ovat alkuperäisiä levypattereita ja patteriventtiilit sekä lukitut käsipyörät on alkuperäisiä. Kieroilmakoneiden läpi menevä ilmamäärä on 770 l/s. Kiinteistön energiankulutuksen parantamiseksi on tarpeellista selvittää todelliset virtaamat ja IV-koneiden asetukset.

Kiinteistö on liitetty kaupungin vesi- ja viemäriverkostoon ja verkostot ovat pääasiassa alkuperäisiä. Vesi- ja viemärikalusteita on huoltokorjattu tai uusittu tarpeen mukaisesti. Kiinteistön sadevedet johdetaan kattokaivoilla rakennuksesta ja sadevedet kootaan rakennuksen takana olevaan kivipesään ylivuotoputken johtaessa alas mäntymetsään. Piha-alueen pintavedet ohjataan kallistuksilla nurmikolle.

## 4 Tutkimuksen tavoite ja raja

Energiasimuloinnin ja elinkaariarvioinnin tavoitteena oli selvittää rakennuksen energiankulutus nykytilanteessa ja verrata sitä erilaisiin energiatehokkuutta parantaviin ratkaisuihin. Simulointitapauksissa tutkittiin rakenteiden lämmönläpäisykertoimien ja uusiutuvien energiamuotojen vaikutusta energian nettotarpeisiin ja ostoenergian tarpeeseen. Ilmanvaihtokoneiden oletetaan olevan samat vaihtoehtojen välillä. Uusittaessa ilmanvaihtokoneita voidaan arvioida LTO:n hyötysuhteen olevan 75 % (moderni kone). Tämän takia vertailussa haluttiin tarkastella vaikutuksia rakenteiden osalta. Materiaalien ja tuotteiden osalta keskityttiin tarkastelemaan purettavien rakennusosien rakennuksen elinkaaren C-vaiheen päästöjä ja uusien materiaalien osalta rakentamis- ja tuotevaiheen päästöjä (A- ja B vaihe).

Kohteessa tutkittiin myös eri skenaarioiden kustannusvaikutuksia (LCC) ostoenergian, materiaalien sekä työkustannusten osalta.

Lähtötiedot olivat osittain puutteellisia energiaselvityksen osalta. Puuttuneet tiedot täydennettiin Ympäristöministeriön ohjeistusten mukaisesti. Puutteellisista lähtötiedoista johtuen simulointien tulokset eivät aivan täysin vastaa todellista energiankulutusta, joten niitä on tarkasteltava suhteellisina arvoina verraten nykytilanteen simulointiin. Energiasimuloinneissa ei otettu huomioon ratkaisujen kustannuksia tai vaikutusta hiilijalanjälkeen. Nämä kuitenkin laskettiin jälkepäin eri simulointitapauksille.

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. Kiinteistön oman energiantuotannon mahdollisuudet ja hyödyt esim. aurinkopaneelit ja maalämpö

Rakennukseen suoritettun kuntoarvion perusteella seinät ovat rakennuksen ikään nähden hyvässä kunnossa ja laajamittaiseen lämmöneristeen korvaamiseen säilyttämällä nykyinen kantava runko ja purkamalla lämmöneristys on mahdollista. Tämä otettiin huomioon case tapausten simulaatioiden osalta.

Rakennuksen nykyisenä ilmanvuotolukuna voidaan tarkastelussa olettaa  $q_{50}=4,0$  ( $m^3/(hm^2)$ ), joka tulisi kuitenkin varmistaa tiiveysmittauksella. Jos ilmanpitävyyttä ei osoiteta mittaamalla tai muulla menettelyllä käytetään ilmanvuotolukuna  $4,0$  ( $m^3/(hm^2)$ ).

Toronkulman 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 niin, että tiiveyskorjauksessa voidaan saavuttaa aikaisempaa tiiviimpi rakenne tai tiiveyskorjaus voi epäonnistua pahentaa tilannetta. Alapohjan osalta tarkasteluun on otettu tilanteet, joissa nykyinen alapohjarakenne puretaan ja lämmöneriste uusitaan. Nykyinen maanvarainen laatta korvataan joko uudella lattiavalulla tai hyödyntämällä nykyistä alapohjalaattaa, joka sahataan lohkoiksi ja asennetaan lämmöneristämisen jälkeen jälkivalukaistoja käyttäen.

**Taulukko 4.** Case tapausten ilmanvuotoluvut  $q_{50}$  [ $m^3/(h m^2)$ ]

Nro.	Ilmanvuotoluku $q_{50}$ [ $m^3/(h m^2)$ ]
1	2,5
2	4,0

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  $\times 0,5$ , kuitenkin enintään  $0.17 W/(m^2 K)$ . Rakennuksen käyttötarkoituksen muutoksen yhteydessä alkuperäinen U-arvo  $\times 0,5$ , kuitenkin  $0,60 W/(m^2 K)$  tai parempi.*
  - 2) Yläpohja: Alkuperäinen U-arvo  $\times 0,5$ , kuitenkin enintään  $0.09 W/(m^2 K)$ . Rakennuksen käyttötarkoituksen muutoksen yhteydessä alkuperäinen U-arvo  $\times 0,5$ , kuitenkin  $0,60 W/(m^2 K)$  tai parempi.*
  - 3) Alapohja: Energiatehokkuutta parannetaan mahdollisuuksien mukaan.*
  - 4) Uusien ikkunoiden ja ulko-ovien U-arvon on oltava  $1.0 W/(m^2 K)$  tai parempi. Vanhoja ikkunoita ja ulko-ovia korjattaessa on lämmönpitävyyttä parannettava mahdollisuuksien mukaan.*

Rakennusosien U-arvojen parannustoimenpiteet painottuvat tällöin ulkoseinän sisäpuolisen tai ulkopuolisen lisälämmöneristyksen lisäämiseen sekä sitä kautta tapahtuvaan tiiveyden parantamiseen. Vaihtoehtoisesti nykyinen lämmöneriste voidaan myös purkaa säilyttäen runko. Tässä tapauksessa eristys toteutetaan uudella lämmöneristeellä. Yläpohjan osalta tarkastelussa on palkkiväleissä lisälämmöneristyksen lisääminen nykyisen lämmöneristyksen alapuolelle. Tällä pyritään säilyttämään nykyistä vesikattorakennetta. Rajaavana tekijänä korjaus- ja uudistamistoimenpiteiden osalta on, että ne eivät saa vähentää huomattavissa määrin sisäpuolen huoneistoneliöitä tai aiheuttaa tilojen käytön osalta katkoksia. Ikkunoiden U-arvon parantaminen otetaan mukaan osana case tapausten simulointeja. Rakennusosien skenaarioiden materiaali- vaihtoehdot, luokitukset ja U-arvot on esitetty alla olevissa taulukoissa.

Taulukko 5. Vaihtoehtojen luokitukset

Vaihtoehtojen luokitukset	
R0	Nykyinen/ vanha rakenne
R1	AP1.1
R2	AP1.2
R3	AP1.3
R4	AP1.4
R5	AP1.5
R6	YP1.1
R7	YP1.2
R8	YP1.3
R9	YP1.4
R10	US1.1
R11	US1.2
R12	US1.3
R13	US2
R131	US2.1
R132	US2.2
R133	US2.3
R14	SE1.1
R15	SE1.2
R161	Tiivistyskorjaus, q50=2,5
R162	Tiivistyskorjaus q50=4,0

Taulukko 6. Tunnuksien (R) luokitusperiaatteet yhdistelmissä "C". Rakennetyypit/tunnukset on jaettu tarkastelussa yhdistelmiin (combinations), joita kuvataan tunnuksella "C\_" tunnuksien sisältyminen yhdistelmiin on osoitettu taulukossa.

Alapohja AP	Yläpohja YP	Ulkoseinä US	Sokkeli SE	Tiivistys	Ikkunat
C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
R0	R0	R0	R0	R161	R13
R1	R6	R10	R14	R162	R131
R2	R7	R11	R15		R132
R3	R8	R12			R133
R4	R9				
R5					

Taulukko 7. Tunnuksien ja rakennetyyppien hiilijalanjälki ja kädenjälki

Tunnus	Materiaali/ kokoonpano	Pinta- ala, m2	yht. kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> (A1-A3)	yht. kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> (A1- A3,A4,B5-B5, C1-C4) uudet	yht. kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> (D)
R0	Nykyinen rakenne	1,0	0,0	0,0	0,0
R1	AP1.1	1437,7	38,4	47,7	-13,1
R2	AP1.2	1437,7	13,5	19,1	-6,6
R3	AP1.3	1437,7	28,3	37,3	-12,4
R4	AP1.4	1437,7	61,6	70,1	-25,8
R5	AP1.5	1437,7	61,5	63,3	-13,2
R6	YP1.1	1378,2	13,6	18,8	-3,1
R7	YP1.2	1378,2	13,4	19,3	-23,3
R8	YP1.3	1378,2	20,4	22,9	-9,2
R9	YP1.4	1378,2	8,9	11,4	-9,2
R10	US1.1	710,5	11,1	18,0	-2,9
R11	US1.2	710,5	11,4	12,0	0,0
R12	US1.3	710,5	31,7	45,1	-7,2
R131	US2.1	169,4	13,7	15,6	0,0
R132	US2.2	169,4	98,5	100,1	-67,3
R133	US2.3	169,4	127,7	130,0	0,0
R14	SE1.1	186,1	2,6	5,2	-1,5
R15	SE1.2	186,1	9,5	14,7	-2,9
R161	Tiivistyskorjaus	1276,0	0,6	0,6	0,0
R162	Tiivistyskorjaus	1276,0	0,6	0,6	0,0

Rakennusosien ja TATE yhdistelmien kautta kohteen tarkastelussa on noin 2880 eri skenaarioyhdistelmää, jotka muodostuvat rakennusosien materiaalivaihtoehdoista sekä energiasimulointien toteutusvaihtoehtojen vertailusta. TATE järjestelmien osalta oletetaan, että nykyisiä kanavia sekä putkistoja voidaan hyödyntää uuden järjestelmän rinnalla.

## 5 LCA-arvioinnin tavoite

LCA-arvioinnin tavoitteena on tarkastella Toronkulma-kohteen peruskorjausvaiheen toteutusvaihtoehtojen päästöjen vaikutuksia ilmastonlämpenemispotentiaalin GWP100 osalta. Arviointitulokset perustuvat kohteesta saatuihin lähtötietoihin sekä Karelia-ammattikorkeakoulun alustavan suunnitteluvaiheen suunnitteluasiakirjoihin. Tällöin saatuja tuloksia tulisi peruskorjausvaiheen jälkeisen ajan osalta tarkentaa, joko toteumatietojen tai erillisten mittaustietojen osalta koskien energiankulutusta sekä mahdollisia laajempia korjauksia.

Materiaalimenekkiä ja hukkiä osalta arvioina on käytetty OneClick LCA hukkatietoja, joiden arvoja verrattu ”Ratu S-1191, Rakennustyön materiaalisat ja -hukat” ja ”Rakennustöiden menekit 2020, RATU KI-6035” tietoihin. Kyseisiä arvoja käytetään silloin kun suunnitteluasiakirjoista esim. PTS tai huoltokirja tietoja ei ole saatavilla tai ne ovat puutteellisia.

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

LCA-arviointi suoritettiin käyttämällä OneClick LCA-ohjelmaa sekä takaisinmaksuaikojen osalta Excel-taulukkolaskentapohjia. Tulokset on koottu jäljempänä esitettyihin taulukoihin sekä kuvaajiin. Arvioinnissa käytettiin Ympäristöministeriön arviointimenetelmän tarkennettua menetelmää, jossa tuotteiden ympäristöselosteet (EPD) on valittu käyttäen tuotekohtaista tietoa. Oletuksena käytetään peruskorjauskohteen osalta, että rakennuksen suunniteltu käyttöikä on 50 vuotta vuodesta 1982 alkaen. Tällöin tarkasteluajanjakson pituudeksi 2022 vuoden suhteen tulee  $(1982+50)-2021=11$  vuotta vuoteen 2032 mennessä. Käyttöiän jatko voidaan olettaa olevan 10 vuotta, jolloin suunniteltu käyttöikä olisi 60 vuotta rakennuksen elinkaaren lopussa.

Käyttövaiheen osalta tarkoituksena on tuoda esille energiatehokkuuteen vaikuttavien järjestelmien takaisinmaksuajat suhteessa säästettyihin päästöihin järjestelmien valmistuksesta aiheutuviin A1-A3 vaiheen päästöihin sekä huoltoon ja ylläpitoon.



Materiaalien ja tuotteiden osalta tarkastelu suoritetaan pääasiassa Toronkulman osalta vaihdettavien ja kunnostettavien pintojen sekä rakenteiden osalta ilman maatyttöjen tai kaivujen vaikutuksia tontilla.

Taulukko 8. Rakennuksen elinkaaren arvioidut kohdat (merkattu X)

Tuotevaihe			Rakennusvaihe		Käyttövaihe								Elinkaaren loppu				Rakennuksen elinkaaren ulkopuolelle jäävät hyödyt tai haitat		
Raaka-aineen hankinta	Kuljetus valmistukseen	Tuotteen valmistus	Kuljetus työmaalle	Työmaatoiminnot	Tuotteen käyttö rakennuksessa	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			

Taulukko 9. LCA elinkaaren vaiheiden kuvaukset

<b>A1-A3 Rakennusmateriaalit</b>	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. Tuotantovaikutukset (A3) kattavat koneiden käyttämien tuotantomateriaalien ja polttoaineiden valmistuksen, samoin kuin tuotantoprosesseissa syntyvän jätteen käsittelyn valmistajan tuotantolaitoksissa jätteen loppuun asti.
<b>A4 Kuljetus työmaalle</b>	A4 sisältää kasvihuonepäästöt, jotka johtuvat rakennusalan tuotteiden kuljetuksesta valmistajan tuotantolaitokselta rakennuspaikalle, sekä käytetyn polttoaineen tuotannon ympäristövaikutukset.
<b>A5 Rakennus- ja asennusprosessi</b>	A5 kattaa kasvihuonepäästöt, jotka aiheutuvat energian käytöstä työmaalla, polttoaineen, energian ja veden tuotantoprosessien ympäristövaikutukset sekä jätteiden käsittelyn vaikutukset.
<b>B1-B5 Huolto- ja materiaalien vaihto</b>	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.
<b>B6 Energian käyttö</b>	Harkittuihin käyttövaiheen energiankulutuksen (B6) vaikutuksiin sisältyvät pakokaasupäästöt kaikesta rakennustason energiantuotannosta sekä polttoaineen ja ulkoisesti tuotetun energian tuotantoprosessien ympäristövaikutukset. Myös energiansiirtotappiot otetaan huomioon.
<b>B7 Veden käyttö</b>	Käyttövaiheen vedenkulutuksen (B7) vaikutuksiin sisältyvät makean veden tuotantoprosessien ympäristövaikutukset ja jäteveden käsittelyn vaikutukset.
<b>C1-C4 Purkaminen</b>	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.
<b>D Ulkoiset vaikutukset / käyttöön lopun edut</b>	Ulkoisiin etuihin sisältyy kierrätettävän rakennusjätteen kierrätyksestä aiheutuvat päästöedut. Uudelleenkäytettyjen tai kierrätettyjen materiaalityyppien etuihin sisältyy neitseellisten materiaalin korvaamisen kierrätetyllä materiaalilla (myönteinen vaikutus) ja hyötyä materiaaleille, jotka voidaan ottaa talteen energian avulla, katettava positiiviset vaikutukset muiden energiantuotantomuotojen korvaamisessa energiantuotannon keskimääräisten vaikutusten perusteella.

## 5.1 One Click LCA arviointityökalun kuvaus

Arviointi 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 verkosta osoitteesta:

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

## 6 Arvioidut vaikutuskategoriat

Taulukko 10. Arvioidut vaikutuskategoriat

Vaikutuskategoria	Yksikkö	Kuvaus
Ilmaston lämpenemispotentiaali, GWP-Global warming potential	kgCO <sub>2</sub> eq	Eri kasvihuonekaasuja vertailtaessa yksikkönä käytetään ilmaston lämpenemispotentiaalia (global warming potential, GWP), joka mittaa kasvihuonekaasun aiheuttamaa lämmitysvaikutusta hiilidioksiiniin verrattuna massayksikköä kohti 20 tai 100 vuoden aikana. Tässä tarkastelussa käytössä GWP100.

## 7 Arviointiin sisältyvät rakennusosat

LCA analyysi sisälsi seuraavat rakennusosat. (TALO2000-luokitus käytössä rakennusosien erittelyn osalta):

Taulukko 11. Sisällytetyt rakennusosat arvioinnissa

Rakennusosa	Sisältyy laskentaan	Kommentit
Kantavat rakenteet ja vaippa	KYLLÄ	Rakennetyyppien osoittamassa laajuudessa
Runko	KYLLÄ	Rakennetyyppien osoittamassa laajuudessa
Välipohjat	EI	
Katto	KYLLÄ	Rakennetyyppien osoittamassa laajuudessa
Portaat	EI	
Ulkoseinät	KYLLÄ	Rakennetyyppien osoittamassa laajuudessa
Ikkunat ja ovet (ulko)	KYLLÄ	Rakennetyyppien osoittamassa laajuudessa
Sisäseinät ja väliseinät	EI	
Ovet (sisä)	EI	
Pintakäsittelyt	KYLLÄ	Rakennetyyppien osoittamassa laajuudessa
Seinien pintakäsittelyt	EI	
Lattioiden pintakäsittelyt	EI	
Sisäkatot (sisältäen pintakäsittelyt)	EI	
Kosteussulut ja höyrynsulut	EI	
Rakennuslaitteet ja kalusteet	EI	
Palokatkot/mansetit ja palokatko-massat	EI	
Kiintokalusteet ja laitteet	EI	
<i>Palvelut</i>	EI	
Märkätilojen ja WC-tilojen kalusteet	EI	
Palvelu- ja huoltokalusteet	EI	
Jätehuolto	EI	
LVI-tekniikka, vesi	EI	
LVI-tekniikka, lämmitys	EI	

LVI-tekniikka, ilmanvaihto	EI	
Sähköjärjestelmät	EI	
Kaasujärjestelmät	EI	
Hissit	EI	
IT-tekniikka, valvonta CCTV	EI	
IT-tekniikka, viestintä ja tietoverkot	EI	
Muut järjestelmät	EI	
Tontti	EI	
Piha-rakenteet, kaivuut ja täytöt	EI	
Viemäri ja sadevesijärjestelmät	EI	
Ulkorakennukset	EI	

## 8 Ympäristötietolähteet

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

Ympäristöselostetietokantoina sekä ympäristöselosteiden hakuehtona pyritään käyttämään tuotteita sekä materiaaleja, jotka vastaavat mahdollisimman hyvin niin teknisiltä ominaisuuksiltaan, maantieteelliseltä edustavuudeltaan kuin ajalliselta edullisuudeltaan suunnitteluasiakirjoissa mainittuja tuotteita. Jos tuotteille ei löydy tyydyttävää vastinetta tietokannoista käytetään sille geneerisiä oletusarvoja hiilijalanjäljen ja hiilikädenjäljen osalta One Click LCA:sta.

Peruskorjauksen jälkeiselle energiankulutustarkastelulle käytetään YM arviointimenetelmän mukaisia päästöarvoja kaukolämmön sekä verkkosähkön osalta (Rakennusten hiilijalanjäljen arviointimenetelmä, Liite 4 Energiamuotojen päästökertoimet).

Kaukolämmön paikalliselle päästöarvolle on käytetty Ympäristöministeriön arviointimenetelmän mukaisia päästöarvoja. Verkkosähkön osalta päästöarvoina käytetään YM arviointimenetelmän mukaisessa arvioinnissa kyseisen arviointimenetelmän tietoja. Arvot ovat näkyvissä Taulukossa 12.

Taulukko 12. Ympäristöministeriön energiamuotojen päästökertoimet (g CO<sub>2</sub>/kWh)

	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100	2110	2120
Sähkönkulutuksen CO <sub>2</sub> -päästökerroin, hyödynjako, g CO <sub>2</sub> /kWh	121	57	30	18	14	7	4	2	1	1	0
Kaukolämmön kulutuksen CO <sub>2</sub> -päästökerroin, hyödynjako, g CO <sub>2</sub> /kWh	130	93	63	37	33	22	15	10	7	4	3

## 9 Projektin tietolähteet ja oletukset

LCA-arviointi suoritettiin kohteelle käyttämällä One Click LCA ohjelmaa perustuen suunnittelutietoon, joka oli kohteesta saatavilla. Energiankulutuksen sekä skenaarioiden yhteisvaikutuksen tutkimista varten toteutettiin 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, joita on täydennetty rakennuksesta tehdyn tietomallin avulla. Kohteesta oli saatavilla osa aikaisemmista suunnitteluasiakirjoista. Tiedot koottiin inventointitietomallista määräluetteloksi siirtäen ne One Click LCA malliin pääasiassa seinien, välipohjien ja kattopintojen pinta-aloja ja kertomalla kyseiset alat rakennetyypikohtaisilla materiaalipaksuuksilla. Tietomallin kuutiomääriä käytettiin myös tarkastuksessa arvioitaessa tuloksien luotettavuutta. Ikkunoiden ja ovien osalta käytettiin niiden yhteenlaskettuja pinta-aloja sekä käyttämällä tälle tietokannoissa olevaa lähintä EPD vastinetta teknisten ominaisuuksien osalta.

Huomioitavia tekijöitä LCA-arvioinnin osalta:

- A1-A3 arvot ovat käyttäjän 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 kunnossapitojaksot" mukaan.).
- B6 osalta tietojen luotettavuus on riippuvainen energiaselvityksen tarkkuustasosta sekä päivityksistä suunnittelun edetessä.
- C1-C4 tiedot ovat ohjelman syöttämiä ja käyttäjä ei voi vaikuttaa näihin. Eli jos tiedetään, että tulevaisuudessa materiaalin hyödynnettävyys on todennäköisesti suurempi kuin nykyhetkellä, sitä ei pysty ohjelman nykyversioon syöttämään. Purettavien materiaalien syöttö peruskorjauskohhteessa tapahtuu käyttämällä One Click LCA tietona "uudelleenkäyttöä".

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 käyttäessä 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.

Arvioinnin ulkopuolelle jätettävät rakennusmateriaalit saavat kattaa alle 1 % rakennuksen kokonaisuudesta 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 13. Analyysialue ja kuvaus

Analyysialue	Datalähteet
<b>Materiaalimäärät (A1–A3)</b>	2D-dokumentit (ARK–RAK– kuvat), tietomalli IFC sekä asiakirjat mm. rakennusselostukset.
<b>Rakennusmateriaalin kuljetusetäisyydet (A4)</b>	Erillistä tietoa ei ollut, joten kuljetusmatkana käytetty 300 km. Poislukien 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)
<b>Rakennus ja asennusprosessi (A5)</b>	Käytetty laskennassa neliökohtaisia oletusarvoja.
<b>Materiaalin käyttöikä (B1–B5)</b>	Rakennusosien käyttöiät RT 18–10922 “Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajakset” mukaan.
<b>Energian kulutus (B6)</b>	Energiankulutuksen arvot saatu energiaselvityksestä, jonka tekijä on Karelia-ammattikorkeakoulun projektisuunnittelija.
<b>Veden kulutus (B7)</b>	Vedenkulutusta ei huomioida osana arviointia.
<b>Elinkaaren loppu ja purkuvaihe (C)</b>	OneClick LCA ohjelman mukaiset skenaariot elinkaaren lopussa, joihin käyttäjä ei voi itse vaikuttaa muuten kuin antamalla materiaalmäärät.
<b>Rakennuksen elinkaaren ulkopuolelle jäävät hyödyt tai haitat (D)</b>	Tuotteen tai materiaalin ympäristöselosteessa mainitut tiedot hiilivarastoille, betonin karbonisoituminen syötettävä erillistietona OneClick LCA osalta.



Taulukko 14. Lähtötietojen arviointi (Ympäristöministeriö.2019. Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu. Excel)

Elinkaaren vaiheet	Teknologinen 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 15. Tietojen laatu (Ympäristöministeriö.2019. Rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalu. Excel)

Tietojen laadun arvioinnissa käytettävä pisteytys				
	0	1	2	3
<b>Teknologinen edustavuus</b>	Ei arvioitu	Tieto ei vastaa tyydyttävästi tuotteen teknisiä ominaisuuksia	Tieto vastaa osittain tuotteen teknisiä ominaisuuksia	Käytetty tieto vastaa hyvin tuotteen teknisiä ominaisuuksia
<b>Maantieteellinen edustavuus</b>	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
<b>Ajallinen edustavuus</b>	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
<b>Epävarmuus</b>	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)

## 9.1 Muut oletukset laskennassa

Laskettaessa LCC-kustannuksia tullaan arvoina käyttämään ”ROK 2022 / Rakennusosien kustannuksia 2022” tietoja. Jos tietoja ei ole saatavilla, käytetään arvojaan soveltaen. Energiakustannusten osalta käytetään paikallisen energiatuotannon kustannuksia, sekä sähkön osalta maan keskimääräisiä kustannuksia arviointihetkellä. Arvioinnissa käytetään oletuksena sitä, että tiiveyskorjaus tullaan tekemään kaikissa tapauksissa, vaikka muita toimenpiteitä ei tehtäisikään.

Materiaalien osalta on käytetty saatavilla olevia EPD-tietoja tuotteille. Pääasiassa käytetyt tietokannat ovat **RTS** tai Norjaan hyväksytyt EPD:t. Pääasiallisena valintakriteerinä 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 One Click LCA ohjelmaa vaihtoehtoisesti SimaPro tai GaBi).

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

# 10 Arviointikohteen korjaus- toimenpiteet

Materiaalien ja tuotteiden keskimääräiset huolto- ja kunnossapito sekä tuotteiden vaihtovälit perustuvat saatavilla olevaan kirjallisuuteen sekä Suomessa ” RT 18-10922, Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajakset” ohjeeseen. Kohteesta ei ole laadittu vuonna 1982 huoltokirjaa tai sitä ei ole saatu. Rakennuttajatoimisto Protiimi Oy:n laatimassa kuntoarviossa on sen sijaan annettu suuntaviivoja PTS (pitkän tähtäimen suunnitelma) tulevista toimenpiteistä.

## 10.1 Yhteenveto korjaustarpeista

Seuraavat kohdat ovat suoria otteita Rakennuttajatoimisto Protiimi Oy, Johanna Kinnusen koostamasta kuntoarviosta, jonka toimenpiteet koskevat Kiinteistö Oy Joensuun Toronkulma toimenpiteitä.

Yhteenveto korjaustarpeista on esitetty alla olevissa rakennusteknisissä PTS:ssä eli pitkän aikavälin kunnossapitosuunnitelmissa. Kunnostustarpeet ja tarvittavat toimenpiteet on eroteltu tarkemmin järjestelmäkohtaisissa osioissa. PTS-ehdotuksessa ei ole huomioitu mahdollisia tilamuu- toksia eikä esteettisiä näkökohtia.

Käytetyt kuntoluokat ovat:

5 = uusi, ei toimenpiteitä seuraavan 10 vuoden kuluessa

4 = hyväkuntoinen, kevyt huoltokorjaus 6-10 vuoden kuluessa

3 = tyydyttävässä kunnossa, kevyt huoltokorjaus 1-5 vuoden kuluessa tai peruskorjaus 6-10 vuoden kuluessa

2 = välttävissä kunnossa, peruskorjaus 1-5 vuoden kuluessa tai uusiminen 6-10 vuoden kuluessa

1 = heikko, uusitaan 1-5 vuoden kuluessa

	RAKENTAMISOSA JA TOIMENPIDE	KL	Määrä -arvio	Kustannusarvio (x1000 euroa) ja ehdotettu toteutusvuosi									
				2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
<b>1</b>	<b>RAKENNUSOSAT</b>												
<b>12</b>	<b>talo-osat</b>												
	haitta-ainekartoitus	1	erä	2									
<b>12</b>	<b>julkisivut</b>												
<b>4</b>	julkisivun pesu	3	880 m2					2					
	huoltomaalaukset (sis. katokset) ja pilarin verhoilu	3	120 m2+ 1 kpl					2					
	ikkunoiden huoltomaalaus ja vauriokorjaukset	3	170,5					4					
	ovien huoltomaalaus	3	5 kpl					1					
<b>12</b>	<b>Vesikatot</b>												
<b>6</b>	Uusi pintakermi, uudet läpivientien pellitykset ja räystäspellit		1520 m2		35								
	Uudet kuvut kattoikkunoihin		6 kpl		4								

<b>13</b>																			
<b>2</b>	<b>Tilapinnat</b>																		
	Myyvälän lattiapintojen uusiminen	2	630 m2				30												
	Märkätilojen lattiapintojen uusiminen ja IV-konehuoneen lattian kallistuskorjaus	2	50 m2				4												
	Märkätilojen seinäpinnoitteiden uusiminen	2	130 m2				4												
	Mineraalivillakattojen pinnoitus	2	540 m2				3												
<b>2</b>	<b>tekniikkaosat</b>																		
<b>21</b>	<b>putkiosat</b>																		
	Lämmönsiirrin	1					15												
	Käyttövedet & pystyputki	1					30												
<b>23</b>	<b>sähköosat</b>																		
	Piha- ja aluevalaistus uusiminen	3								6									
	Keskukset uusiminen	2					13												
	nousujohtojen uusiminen	3					5												
	valaistus osittainen uusiminen	3					7												
	yleiskaapeloinnin rakentaminen						4												
	Suunnittelu						5												

YHTEENSÄ

2 89 70 0 15

# II Energiasimulaatiossa käytettyjen rakennusosien ja järjestelmien kuvaus

Energiasimulaatiossa käytetyissä rakenteissa pyritään noudattamaan neljää peruskorjauksen periaatetta kohteella:

1. Energiatehokkuuden parantaminen: kun se on toiminnallisesti, teknisesti ja taloudellisesti tarkoituksellista esim. ATT Energiatehokkuusohje soveltaen
2. Säästävä ja säilyttävä korjausrakentaminen: rakenne- ja rakennusosia pyritään säilyttämään niiltä osin kuin se on mahdollista toiminnallisesti, teknisesti ja taloudellisesti kannattavaa
3. Korjaus- ja muutostyöt eivät saa heikentää tai haitata kiinteistössä tapahtuvaa käyttötarkoituksen mukaista toimintaa. Tämä koskee niin työmaavaihetta kuin lopullista peruskorjattua rakennusta.
4. Pitkän aikavälin kunnossapitosuunnitelmat huomioidaan käyttöikien osalta laajuuden arvioinnissa

Periaatteiden mukaisesti kohteella pyritään välttämään rakennusosien osalta niitä toimenpiteitä, jotka johtaisivat toiminnan keskeytymiseen Toronkulmassa. Tällöin peruskorjaustoimenpiteet pyritään suunnittelemaan mahdollisimman säästävinä ja säilyttävinä. Tämä näkyy erityisesti ulkoseinien ja yläpohjan osalta käyttämällä joko sisäpuolista tai ulkopuolista eristystä. Ikkunoiden osalta nykyisiä rakenteita pyritään hyödyntämään mahdollisimman paljon, jolloin vaihtoehdoksi on otettu myös lisälasisituksen asentaminen nykyiseen karmiin jyrsimällä tai lisäpuitteella. Tämä kuitenkin edellyttää, että puitteet ja karmit ovat siihen soveltuvia mm. tekniseltä kunnoltaan sekä ominaisuuksiltaan.

TATE-järjestelmien osalta on ajateltu, että energiakulutuksen vähentämiseksi kaikille simulaatiotapauksille otetaan käyttöön yhtenäinen lämmöntalteenoton (LTO) parannus. Ehdotuksena on parantaa nykyisen järjestelmän LTO=75 % tasolle.

Kierrätettävien materiaalien osalta yläpohjan lisälämmöneristykseen on otettu teoreettiseksi vaihtoehdoksi myös purkukohteesta saatavan mineraalivillan käyttö. Nykyisen jätelain puitteissa tämä voisi onnistua parhaiten käyttämällä kiinteistönomistajan toisesta kohteesta saatavaa talteen otettua mineraalivillaa. Jättemateriaali tulisi myös

muuttaa jätteestä tuotteeksi edellyttäen sen prosessointia. Tällöin purkumateriaali siirtyy jätelainsäädännön piiristä tuotelainsäädännön piiriin. Kyseinen käyttö edellyttää kuitenkin, että mineraalivilla on vaurioitumatonta, mm. puhtaus, kosteus sekä mikrobivauriot. Myös lämmöneristeen tekniset ominaisuudet tulisi selvittää sekä testata, jotta voidaan määrittää sen tekniset ominaisuudet. Tarkemmin tietoa aiheesta on saatavissa Janne Ruokosen RTA-lopputyöstä: [Mineraalivillaeristeiden kiertotalous](#).

# 12 Yksityiskohtaiset arviointitulokset energiasimulointien ja GWP osalta

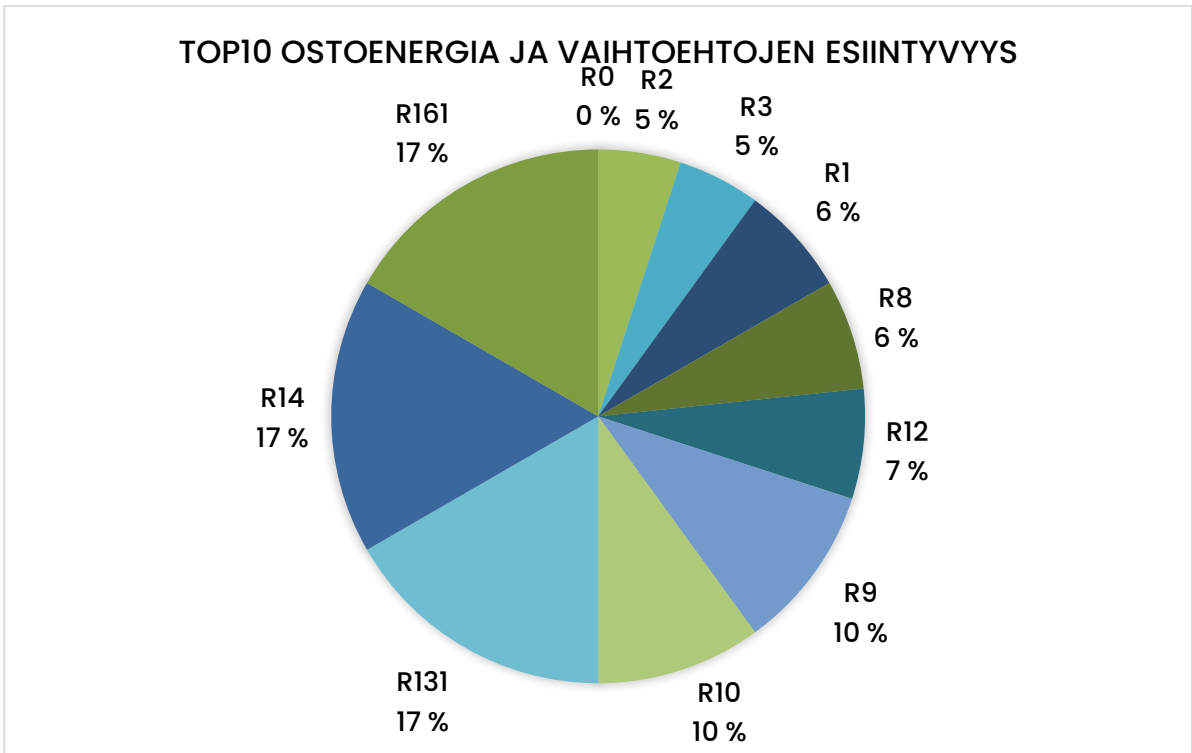
## 12.1 Energiasimulointien tulokset

Simuloinnissa 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 energiankulutus neliötä kohden.

Tällöin energiankulutuksen arvot ovat keskenään vertailukelpoisempia haluttaessa tarkastella energiatehokkuuden saavuttamiseksi haluttuja ratkaisuja. Uudisrakennuskohteesta poiketen tarkastelussa on kiinnitettävä kuitenkin vahvemmin huomiota takaisinmaksuaikaan, jonka tulee olla suhteutettu rakennuksen jäljellä olevaan käyttöikänsä nähden. Jos tehtävä toimenpide osoittautuu investointikustannuksien ja mahdollisen tulevan säästön vertailun osalta peruskorjauskohteen jäljellä olevan käyttöiän jälkeiseen ajankohtaan ei sitä voida tällöin nähdä potentiaalisena toimenpiteenä kustannuksien osalta, vaikka toimenpide pienentäisikin osaltaan rakennuksen energiankulutusta ja GWP-päästöjen vähentymistä.

Energiasimuloinneissa case "run10001" (ilmanvuotoluku on  $q_{50}=2,5 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ ) ja "run10005" (ilmanvuotoluku on  $q_{50}=4,0 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ ) toimivat nykyisen rakennuksen energiatehokkuuden lähtötasona, johon nähden muita case tapauksia tullaan vertaamaan energiatehokkuuden ja ostoenergian osalta (MWh/a). Simuloinnissa oletetaan, että taloteknisten järjestelmien mm. lämmöntalteenotto säilyy tarkasteluaikana samana. Lämmöneristeiden oletetaan myös säilyttävän asennushetkeä vastaavat tekniset ominaisuutensa eikä rakenteisiin aiheudu ilmapuotoja tai lämmöneristävyttä heikentäviä tekijöitä tarkasteluajanjaksona. Ostoenergian osalta energiasimuloinneissa ei oleteta käytettävän jäähdytysenergiaa. Vaihtoehtojen keskinäinen sijoittuminen ostoenergian suhteen on nähtävissä Taulukko 16.





Kuvio 1. TOP10 Ostoenergia ja vaihtoehtojen esiintyvyys

Taulukko 16. Ostoenergia yhteenveto, vuotuinen kulutus. Simulaatioiden CASE tapausten yhteenveto (TOP10)

Sijoitus	Tapaus	Tunnus	Lämmitysenergia. Kaukolämpö (MWh/a)	Sähköenergia (MWh/a)
-	run10001	R0+R0+R0+R0+R161+R0	204,7	98,3
-	run10005	R0+R0+R0+R0+R162+R0	215,30	98,1
<b>1</b>	<b>run11114</b>	<b>R1+R9+R10+R14+R161+R131</b>	<b>149,731</b>	<b>98,436</b>
2	run11130	R2+R9+R10+R14+R161+R131	149,731	98,436
3	run11138	R3+R9+R10+R14+R161+R131	149,731	98,436
4	run11162	R1+R8+R10+R14+R161+R131	149,731	98,436
5	run11178	R2+R8+R10+R14+R161+R131	149,731	98,436
6	run11186	R3+R8+R10+R14+R161+R131	149,731	98,436
7	run12554	R1+R9+R12+R14+R161+R131	149,731	98,436
8	run12570	R2+R9+R12+R14+R161+R131	149,731	98,436
9	run12578	R3+R9+R12+R14+R161+R131	149,731	98,436
10	run12602	R1+R8+R12+R14+R161+R131	149,731	98,436

Keskinäisessä case tapausten vertailussa paras hyöty saavutetaan yhdistämällä laajasti rakennusosien lämmöneristävyyden parannuksia, TATE parannuksia sekä omavaraisen energiantuotannon lisäämistä. Toisaalta panostamalla ulkovaipan rakennusosien (ulkoseinät, ikkunat ja yläpohja) lämmöneristävyyteen voidaan saavuttaa lähes sama energiatehokkuuden parannus kuin TATE järjestelmien parannuksella.

Todellinen vuosikulutus kohteessa perustuen vuoden 2020 toimintakertomukseen on ollut keskimäärin vuosina 2017–2020 keskimäärin kaukolämmön osalta suurempi (227,00 MWh/a) ja sähköenergian osalta myös keskimäärin suurempi (114,10 MWh/a). Tätä voi selittää osaltaan se, että sähköenergian osalta kulutuslukema sisältää myös kiinteistöikäyttäjien mm. Kuluttajalaitteiden kulutuksen. Kaukolämmön osalta sen sijaan lämmitykseen käytettävä energiankulutus perustuu todellisiin ilmasto-olosuhteisiin, kun taas simuloinnit perustuvat Jyväskylän sääolosuhteisiin.

**Taulukko 17.** Vuotuinen energiankulutus (Lähde: KOy Toronkulma Tilinpäätös 2020, toimintakertomus)

Energiankulutus	2020	2019	2018	2017
Lämpö MWh/vuosi	175	218	240	275
Sähkö, kiinteistö MWh/a	112	110	110	123

## 12.2 LCA elinkaariarvioinnin tulokset GWP100

Rakennuksen suunnittelun käyttöiän ollessa 50 vuotta (vuosi 2032) ja odotetun käyttöiän 60 vuotta (vuosi 2042) saadaan elinkaariarvioinnin ajanjaksoksi 10 ja 20 vuotta.

Energiankulutuksen (B-vaihe) ja tuotevaiheen (A-vaihe) valintojen optimoinnilla on mahdollisuus saada aikaan suurimpia GWP (kgCO<sub>2</sub>e) vähennyksiä juuri peruskorjaushankkeen alkuvaiheessa, mutta hyödyt tasoittuvat pidemmällä aikavälillä. Tarkastellessa 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.

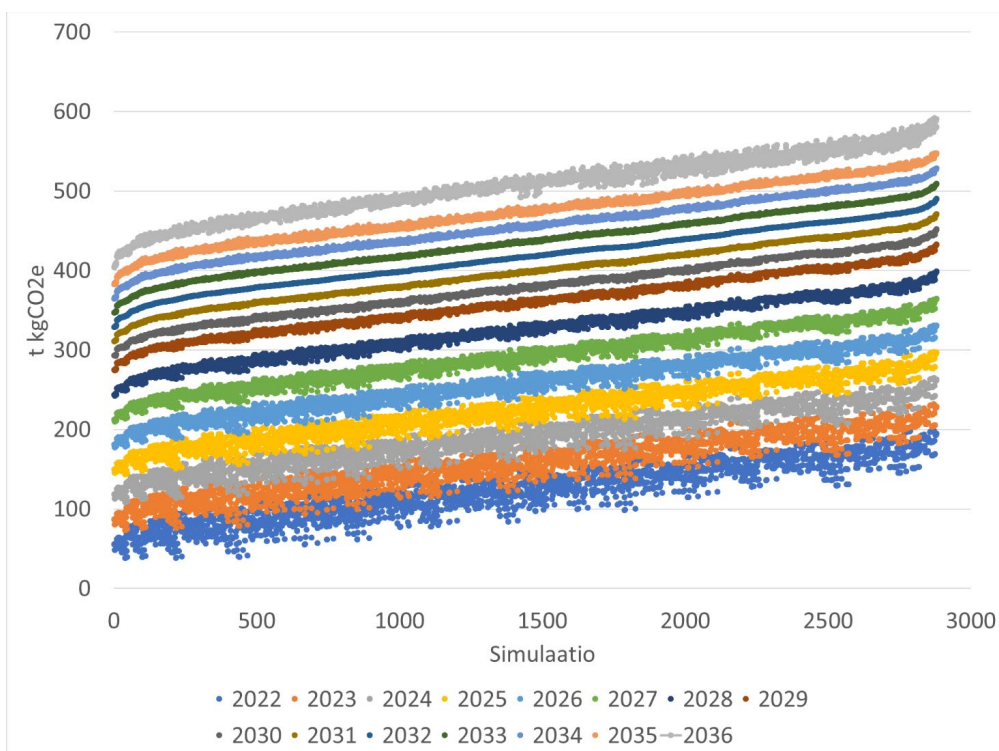
Rakennuksen elinkaaren B käyttövaiheen ja "B6 Energian käyttö" osalta arviointi tehdään case-tapauksille ostoenergian osalta. Tavoitteena on tuoda esille päästöjen kumulatiivisen kertymän avulla takaisinmaksuaika päästöjen vähentämisen osalta. Ilmastonlämpenemispotentiaalin (GWP) arvoina käytetään tarkastelussa aikaisemmin mainittuja päästöarvoja kohdan "8 Ympäristötietolähteet" mukaisesti kaukolämmön ja verkkosähkön osalta.

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

lähtötilanteen osalta, joka olisi pelkästään vihreään sähkөөn siirtymällä vähähiilisempi päästöjen osalta myös ilman kaukolämmön tuotannon päästöjen vähenemistä. Juuri käyttövaiheen B6 päästöjä saataisiin tehokkaimmin vähennettyä olemassa olevan rakennuskannan osalta tehostamalla energiantuotannon päästöjä, jolla voitaisiin vähentää tuotevaiheesta syntyviä päästöjä.

## 13 LCA-tulosten arviointi

Tulosten osalta voidaan huomata, että alkuvaiheessa arviointivaihtoehtojen vuosittaisissa eroissa tapahtuu suurtakin vaihtelua ja pidemmällä aikavälillä erot tasaantuvat (Kuvio 2). Tämä johtuu osaltaan tuotevaiheen (A- vaihe) päästöistä, jotka nostavat alkuvaiheen päästöjä ensimmäisten vuosien aikana. Käyttövaiheen osalta ostoenergian päästöt sen sijaan tasaavat tilannetta peruskorjauksen energiatehokkuusinwestointien vähentäessä päästöjä ja energiankulutusta.



	t CO2e		
Kaikkien simulaatioiden tiedot	2022	2032	2042
Keskiarvo	122,4630215	416,4303416	597,5516828
Keskihajonta	36,28572601	36,03239761	39,6249787
MIN	38,2340248	328,9508761	490,2004058
MAX	198,9823979	490,2395173	686,4879269
Lähtötilanne			
run10001	38,36	363,55	546,18

Kuvio 2. Simulaatioiden jakauma, kun tarkastelu tehdään vuoden 2032 suhteen.

Jos tehtäisiin vain yksittäisiä toimenpiteitä, voidaan huomata, että yläpohjan lisälämmöneristys yhdessä tiiveyskorjauksen kanssa tuottaisi pienimmät kokonaispäästöt tarkasteluajanjakson aikana. Ikkunoiden pinta-ala on myös kohteessa sen verran suuri, että parantamalla niiden U-arvoa voidaan saavuttaa myös parannusta lähtötilanteeseen.

Taulukko 18. Simulointien hiilijalanjälkitiedot yksittäisille korjaustoimenpiteille. Kaikissa tapauksissa lisänä tiiveyskorjaus/ tiiveyden parantaminen.

	Vuosi	MIN (t kgCO <sub>2</sub> e)	MAX (t kgCO <sub>2</sub> e)	Keskiarvo (t kgCO <sub>2</sub> e)	Keskihajonta (t kgCO <sub>2</sub> e)
<b>Kaikki tapaukset</b>	2032	328,95	490,2	416,4	36,0
	2042	490,2	686,5	597,6	39,6
<b>Pelkkä alapohja C_1</b>	2032	381,2	462,1	426,5	27,5
	2042	566,2	658,7	616,3	28,6
<b>Pelkkä yläpohja C_2</b>	2032	350,0	377,6	365,1	8,3
	2042	524,2	560,0	544,8	11,1
<b>Pelkkä ulkoseinä C_3</b>	2032	362,1	388,3	373,1	8,9
	2042	540,9	581,1	558,4	13,2
<b>Pelkkä sokkeli C_4</b>	2032	363,6	376,9	370,2	6,0
	2042	546,5	565,4	555,9	8,6
<b>Pelkkä tiivistys C_5</b>	2032	363,6	375,5	369,5	6,0
	2042	546,2	563,2	554,7	8,5
<b>Pelkät ikkunat C_6</b>	2032	342,4	385,3	367,3	14,9
	2042	515,3	570,5	546,2	18,4
<b>Tapaus</b>	Yhdistelmä	2032 (t kgCO <sub>2</sub> e)	2042 (t kgCO <sub>2</sub> e)	Kuvaus	
<b>run10001</b>	R0+R0+R0+R0+R161+R0	363,6	546,2	Tiiveys q50=2,5	
<b>run10005</b>	R0+R0+R0+R0+R162+R0	375,5	563,2	Tiiveys q50=4,0	

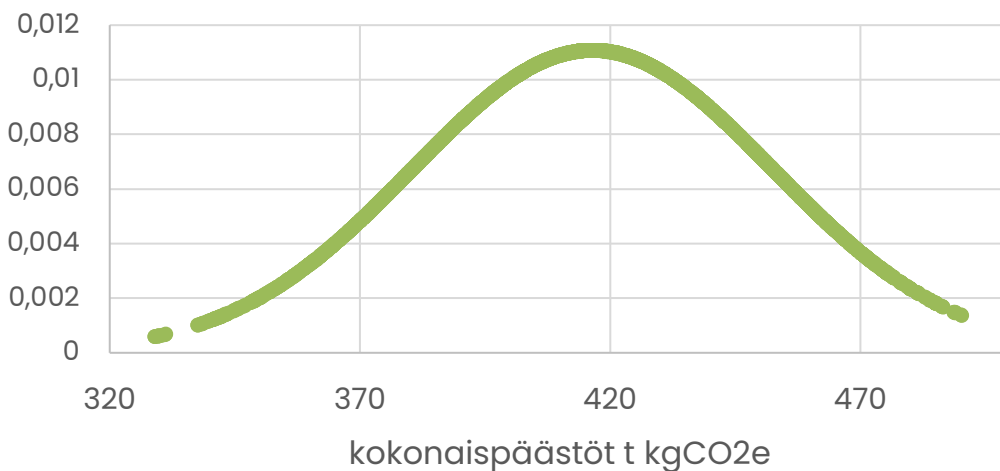
Taulukko 19. Yhdistelmien (C) sijoitukset

	Tarkasteluvuosi 2032 (soveltaen vuodella 2042) sijoitus keskiarvojen mukaan	Vuosi	MIN (tkgCO <sub>2</sub> e)	MAX (tkgCO <sub>2</sub> e)	Keskiarvo (tkgCO <sub>2</sub> e)	Keski hajonta (tkgCO <sub>2</sub> e)
1	yläpohja C_2	2032	350	377,6	365,1	8,3
2	ikkunat C_6	2032	342,4	385,3	367,3	14,9
3	tiivistys C_5	2032	363,6	375,5	369,5	6
4	sokkeli C_4	2032	363,6	376,9	370,2	6
5	ulkoseinä C_3	2032	362,1	388,3	373,1	8,9
6	alapohja C_1	2032	381,2	462,1	426,5	27,5

**Taulukko 20.** TOP 10 sijoitukset tarkasteluvuoden 2032 mukaan (suunniteltu käyttöikä 50 vuotta) sekä normaalijakauma

Sijoitus	Tapaus	Yhdistelmät C_1+C_2+C_3+C_4+C_5+C_6	2022 (tkgCO2e)	<b>2032</b> (tkgCO2e)	2042 (tkgCO2e)
<b>1</b>	<b>run11586</b>	<b>R0+R9+R11+R0+R161+R131</b>	<b>55,55</b>	<b>328,95</b>	<b>490,20</b>
2	run11826	R0+R9+R11+R14+R161+R131	55,99	<b>328,98</b>	490,52
3	run10146	R0+R9+R0+R0+R161+R131	48,29	<b>329,63</b>	494,40
4	run10386	R0+R9+R0+R14+R161+R131	48,72	<b>329,65</b>	494,71
5	run10866	R0+R9+R10+R0+R161+R131	55,32	<b>329,74</b>	494,26
6	run11106	R0+R9+R10+R14+R161+R131	55,76	<b>329,76</b>	494,58
7	run12066	R0+R9+R11+R15+R161+R131	57,30	<b>330,33</b>	492,36
8	run10626	R0+R9+R0+R15+R161+R131	50,03	<b>331,01</b>	496,56
9	run11346	R0+R9+R10+R15+R161+R131	57,07	<b>331,12</b>	496,42
10	run11538	R0+R7+R11+R0+R161+R131	62,30	<b>337,58</b>	504,15
		MIN.	48,29	<b>328,95</b>	490,20
		MAX.	62,30	<b>337,58</b>	504,15
		Keskiarvo	54,63	<b>330,68</b>	494,815
		Keskihajonta	4,16	<b>2,41</b>	3,73

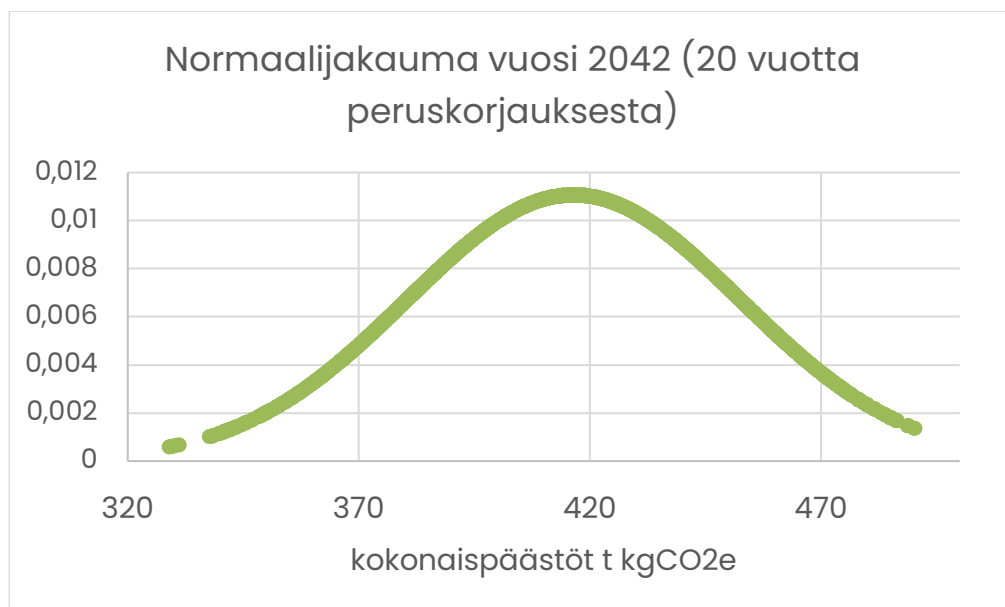
Normaalijakauma vuosi 2032 (10 vuotta peruskorjauksesta)





Taulukko 21. TOP 10 sijoitukset tarkasteluvuoden 2042 mukaan (suunniteltu käyttöikä 60 vuotta) sekä normaalijakauma

Sijoitus	Tapaus	Yhdistelmät C_1+C_2+C_3+C_4+C_5+C_6	2022 (tkgCO2e)	2032 (tkgCO2e)	2042 (tkgCO2e)
<b>1</b>	<b>run11586</b>	<b>R0+R9+R11+R0+R161+R131</b>	<b>55,55</b>	<b>328,95</b>	<b>490,20</b>
2	run11826	R0+R9+R11+R14+R161+R131	55,99	328,98	490,52
3	run12066	R0+R9+R11+R15+R161+R131	57,30	330,33	492,36
4	run10866	R0+R9+R10+R0+R161+R131	55,32	329,74	494,26
5	run10146	R0+R9+R0+R0+R161+R131	48,29	329,63	494,39
6	run11106	R0+R9+R10+R14+R161+R131	55,76	329,76	494,58
7	run10386	R0+R9+R0+R14+R161+R131	48,72	329,65	494,71
8	run11346	R0+R9+R10+R15+R161+R131	57,07	331,12	496,42
9	run10626	R0+R9+R0+R15+R161+R131	50,03	331,01	496,56
10	run11538	R0+R7+R11+R0+R161+R131	62,30	337,58	504,15
		MIN.	48,29	328,95	490,20
		MAX.	62,30	337,58	504,15
		Keskiarvo	54,63	330,68	494,82
		Keskihajonta	4,16	2,41	3,73



## 13.1 Yhdistelmävaihtojen esiintyvyys tarkastelu- ajanjaksojen osalta

Tarkasteltaessa tuloksia 50 vuoden käyttöiällä ja kymmenen vähäpäästöisimmän simulaation osalta voidaan todeta, että alapohjan toimenpiteet (C\_1) eivät ole järkeviä päästöjen näkökulmasta. Alapohja kannattaa säilyttää ennallaan myös TOP50 tarkastelussa. Tulos johtuu osaltaan siitä, että alapohjarakenne tulisi lämmöneristeen lisäämisen jälkeen uusiksi. Tämä maanvarainen lattiavalu betonista nostaa sen päästöjä huomattavasti.

Yläpohjan osalta (C\_2) tilanne on sen sijaan hieman erilainen. TOP10 tarkastelussa voidaan huomata, että lisälämmöneristäminen olisi kannattavaa päästöjen näkökulmasta, TOP50 tarkastelussa osuuden kasvaessa lähes 80 prosenttiin esiintymistä. Vähäpäästöisin ratkaisu olisi käyttää kotelopuhalluksena purkuvillaa toisesta kohteesta tai koolauksella olevaa mineraalivilla lisälämmöneristystä liimapuupalkiston välissä. TOP50 tarkastelussa korostuu myös FF-PIR GYL 70 esiintyvyys, jolla voitaisiin välttää eriliset koolaukset yläpohjassa. Levy voitaisiin kiinnittää suoraan nykyisiin kattovasoihin, mutta kannatinlaudan jakoa tulisi tihentää.

Ulkoseinän lisälämmöneristäminen (C\_3) on TOP10 osalta kokonaisuuden kannalta vähäpäästöisintä lähes 70 prosenttia tapauksista. Tällöin kannattavaa on lisätä sisäpinnan lämmöneristystä tiiviillä XPS eristeellä tai ulkopuolisesti tuulensuojalevyllä (mineraalivilla+kangas). Toisaalta, joka kolmannessa tapauksessa toimenpidettä ei ole järkevää tehdä. TOP50 osalta voidaan huomata sama: lähes joka kolmannessa tapauksessa lisälämmöneristäminen ei ole järkevää.

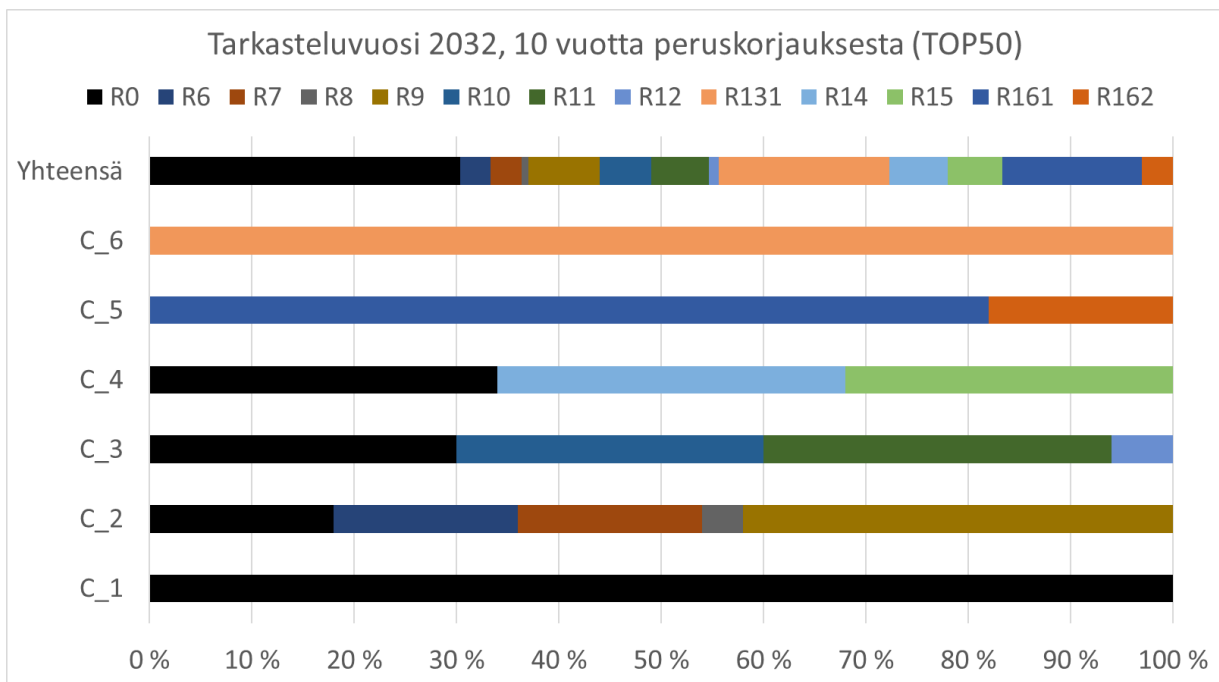
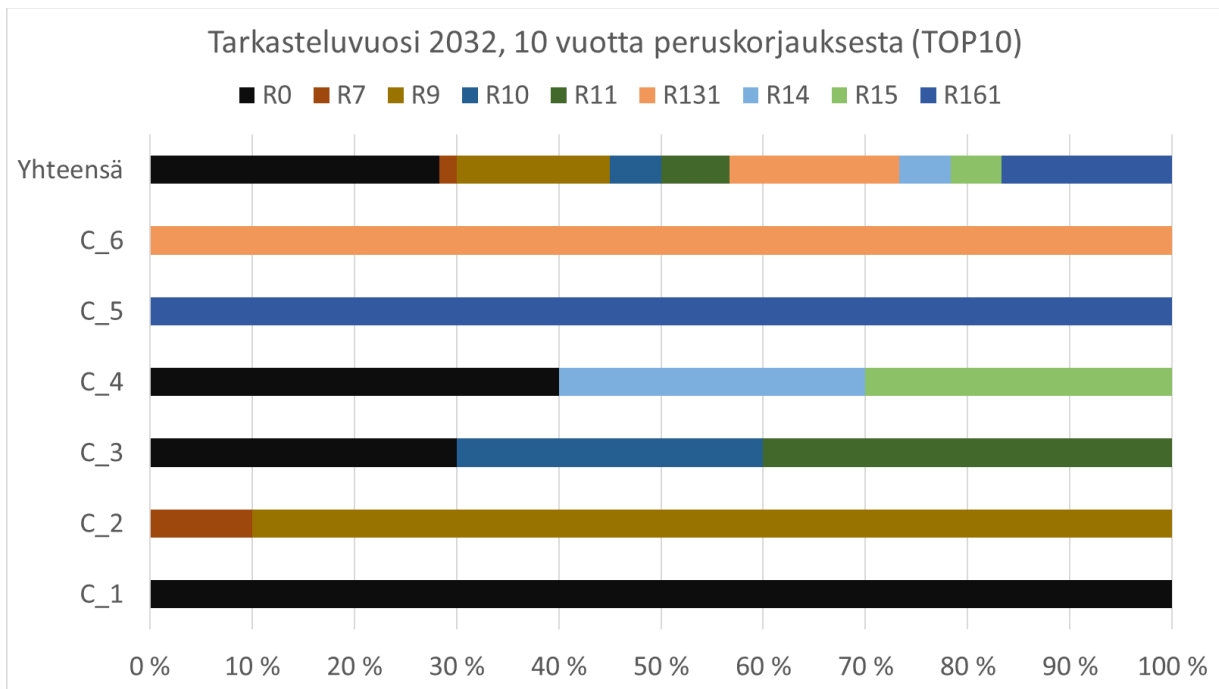
Sokkelin lisälämmöneristykseen (C\_4) osalta voidaan nähdä TOP10 ja TOP50 osalta se järkevänä toimenpiteenä. Toisaalta sokkelin lisälämmöneristykseen osalta olisi rakennusfysikaalisesti järkevämpää sijoittaa lämmöneriste ulkopintaan. Tällöin vältetään rakenteen lämpötilan siirtymistä laajemmin pakkasen puolelle. Toimenpiteenä sokkelin jättäminen ennalleen olisikin viisainta.

Tiiveyskorjauksen osalta (C\_5) tulos on selkeä TOP10 osalta. Tiiveyden parantaminen  $q_{50} = 2,5 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$  arvoon on perusteltua. Laajennettaessa sijoituksia TOP10:stä alkaa esiintyä myös niitä tapauksia, jotka saataisiin ilman tiiveyden parannusta.

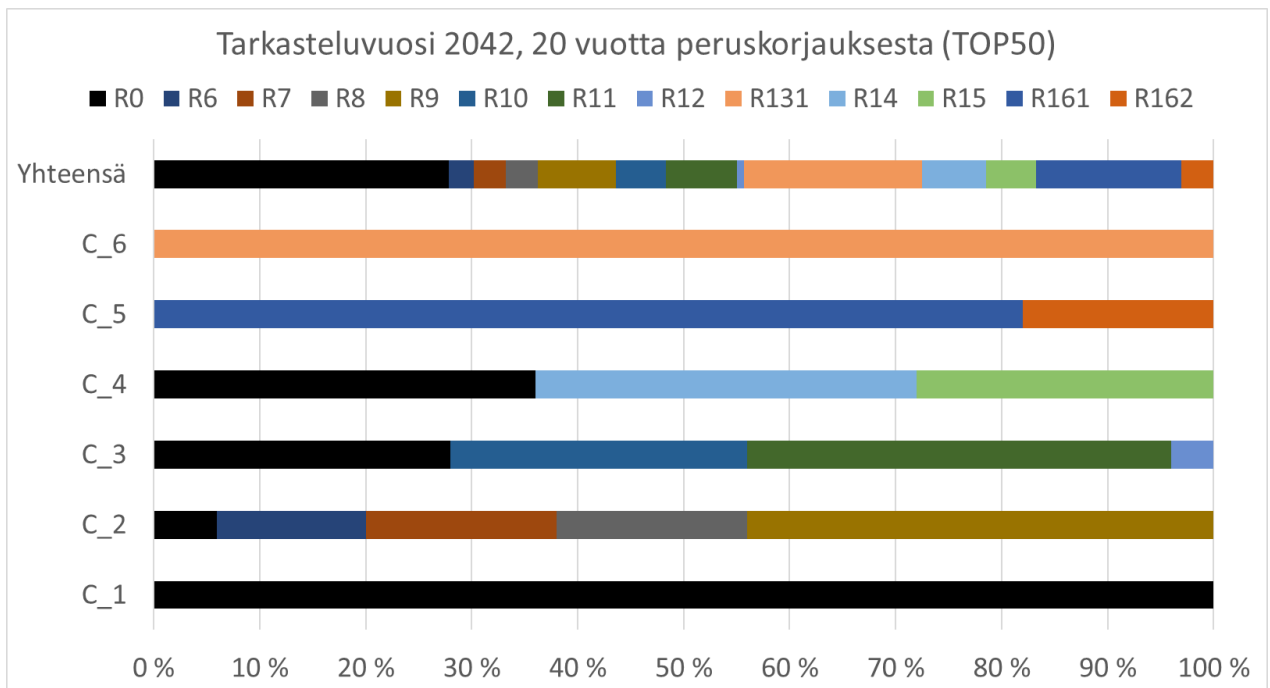
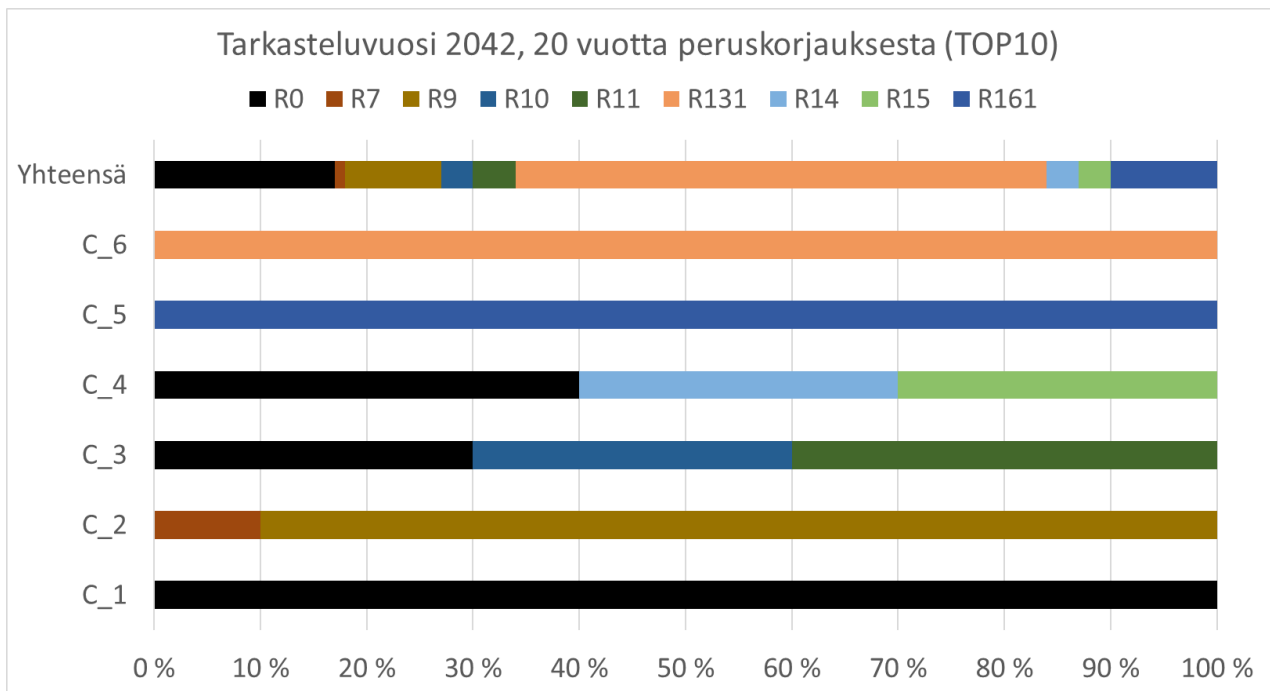
Ikkunoiden osalta (C\_6) simulaatioissa voidaan huomata, että niiden parannuksilla voidaan saavuttaa myös vähäpäästöisempi kokonaisratkaisu. On kuitenkin huomioitava, että edustavin esiintymä on sellainen, jossa ikkunakarmiin jyrsitään uusi lasilasi. Tällöin lasirakenne olisi lasi 6 mm+ ilmapäli 16 mm+ lasi 6 mm ja  $U = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

Suunnitellun käyttöiän pidentyessä 60 vuoteen ja vuonna 2042 (20 vuotta peruskorjauksesta) peruskorjauksen laajentaminen alkaa osoittautua kannattavammaksi päästöjen sekä energiankulutuksen kannalta. Ainoastaan alapohjan toimenpiteet tulee edelleen rajata peruskorjauksen ulkopuolelle lisälämmöneristyksen osalta.

Pienimmät ja kannattavimmat peruskorjaustoimenpiteet laajuuden osalta saavutetaan silloin, kun yläpohjan lisälämmöneristystä ja tiiveyttä parannetaan sekä lisätään ikkunoiden lämmöneristysarvoa. Tällöin ero parhaaseen simulointitapaukseen on  $\sim 1 \text{ t kgCO}_2\text{e}$  tarkastelujakson aikana. Parhaan toteutusvaihtoehdon sisältäessä toimenpiteitä yläpohjan, ulkoseinien, tiiveyden ja ikkunoiden osalta tarkasteluajanjakson pituudesta riippumatta (10 tai 20 vuotta).



Kuvio 3. Rakenneosakohtaisten parannusten kokonaisesiintymisprosentit sijoituksille TOP10 ja TOP50. Tarkasteluvuosi 2032 ja 10 vuotta peruskorjauksesta.



Kuvio 4. Rakeneosakohtaisten parannusten kokonaisesiintymisprosentit sijoituksille TOP10 ja TOP50. Tarkasteluvuosi 2042 ja 20 vuotta peruskorjauksesta.

## 14 Vertailuarvot

Maakohtaiset rakentamismääräykset sekä rakentamiskulttuuri voivat erota paljonkin. Tällöin tulisi aina vertailla maantieteellisesti lähellä sijaitseviin maihin, joilla on vastaavan tasoiset rakentamismääräykset, eikä 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 dokumenteissa annetaan keinot ja suuntaviivat, miten raja-arvojen asettaminen olisi toteutettavissa. One Click LCA on myös tehnyt Suomen Ympäristöministeriön toimeksiannosta vuonna 2021 selvityksen *“Carbon Footprint Limits For Common Building Types”*, jossa on annettu rakennustyyppikohtaisia suositusarvoja.

Korjausrakentamisessa korostuu osaltaan myös vallinneen lainsäädännön ja määräysten ymmärrys, joka koskee osaltaan niin rakennusaikana vallinnutta energiatehokkuutta kuin rakenteellisia vaatimuksia. Tämän vuoksi olemassa olevan rakenteen jälkilaskentaa ei vaadita laajamittaisissakaan korjauksissa vaan pelkästään uusittavien materiaalien osalta. Raja-arvot tuleekin kirjoittajien mielestä sitoa toisen indikaattorin rinnalle, kuten esim. rakennuksen energiatehokkuuden E-lukuun, jotta saadaan E-luvun yksikköä kohden tapahtuneille päästöille sekä päästövähennyksille tavoitearvo.

## 15 Toronkulma yhteenveto

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 ikkunoiden ja yläpohjan lämmöneristysten parantaminen.

Saatujen tulosten perusteella kohteen peruskorjauksen yhteydessä on kannattavaa rakenteelliset korjaukset, mm. lämmöneristys, niin kustannusten kuin päästöjenkin näkökulmasta. Alkuvaiheen päästöt ovat laajemmilla toimenpiteillä alkuvaiheessa perustausta suuremmat johtuen tuotevaiheen päästöistä, mutta johtuen säästetystä osatoenergiasta sekä sitä kautta vähennetyistä 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, jolloin on ylitetty rakennuksen suunniteltu käyttöikä. 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 vähähiilisyyden toimenpiteitä, jotka tukevat myös kohteelle suoritettujen arvioinnin tuloksia.

Taulukko 22. Energiatohokkuuden parantaminen ja vähähiilinen lämmitys asuinkerrostaloissa (Pitkän aikavälin korjausrakentamisen strategia. 2020. s.31)

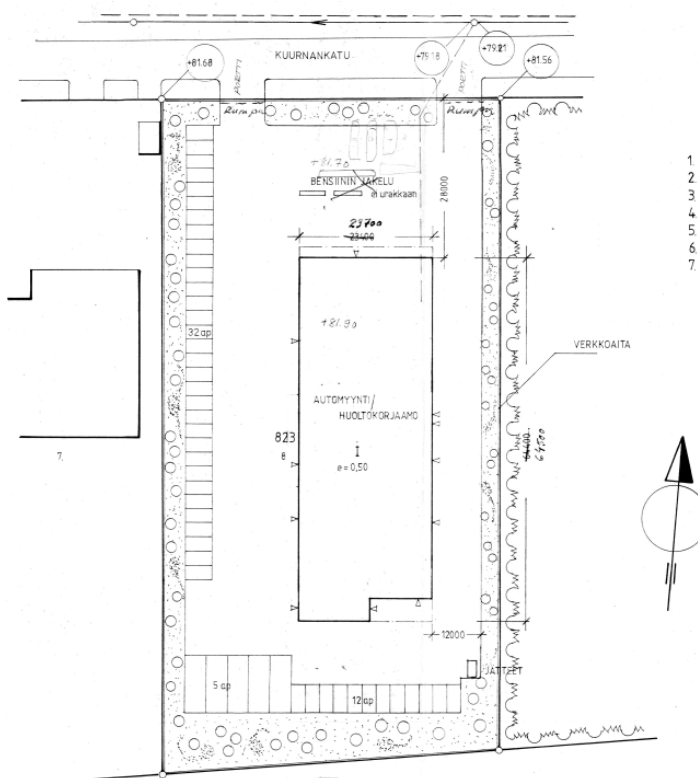
Rakennusosa / järjestelmä	Toimenpiteet
Ilmanvaihto	Lämmöntalteenotto: Laitteet vaihdetaan energiatehokkaampiin teknisen käyttöiän päätyttyä. Koneellinen poistoilmanvaihto: lisätään poistoilmalämpöpumppu.
Sähkö	Teknisen käyttöiän päätyttyä, valitaan mahdollisimman energiatehokkaat uudet kodinkoneet. Vaihetaan 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. Läpimenojen tiivistäminen.
Yläpohja; alapohja	Yläpohjan lisälämmöneristys, jos teknisesti mahdollista. Tasakattoisiin rakennuksiin lisälämmöneristys kattomuodon muutoksen yhteydessä Kylmien kellari- ja alapohjien kattojen lämmöneristäminen.
Rakennuksen ulkopuolinen routaeristys	Uusitaan rakennuksen ulkopuoliset routalevyt.
Lämmitys-järjestelmä	Lämmitysjärjestelmän tasapainotus. Älykäs ilmanvaihdon ja lämmityksen ohjausjärjestelmä.
Vähähiilisyys	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.



## 16 Energiasimulointien pohjalta ehdotetut toimenpiteet

Yhtenä vaihtoehtona olisi vaihtaa nykyinen kaukolämpöjärjestelmä maalämpöjärjestelmään, joka soveltuu vesikiertoista lämmönjakotapaa käyttäviin rakennuksiin. Kasvihuonepäästöjen osalta maalämpöjärjestelmän päästöjen voidaan nähdä muodostuvan maalämpöpumpun käyttämästä sähköstä. Lähteestä riippuen päästöt ovat 120–200 gCO<sub>2e</sub> /kWh. Tämän voidaan nähdä maalämpöpumpulla vastaavan lämpökerrointa 3,0 (kWh lämpö) / (kWh sähkö), päästöarvo on noin 40 gCO<sub>2e</sub> / kWh. (WWF:n ilmastolaskurin kertoimet- Suomi 2018). Maalämpökaivojen syvyys 200 m määräksi voidaan arvioida karkeasti 1 kpl / 200 h-m<sup>2</sup>. Maalämpökaivoilla korvataan lähes täysimääräisesti kaukolämmön ostoenergia lämmityksen osalta, joka lisää verkkosähkön osuutta.

Valitaan tarkasteluun alimmat päästömäärät omaava simulointivaihtoehto. Päästöjä saataisiin tällöin vähennettyä -33 % (2032) ja -29 % (2042) parhaimman simulointitapauksen osalta tarkasteltaessa vain käyttövaiheen ostoenergian päästöjä. Lähtötilanteen osalta ilman muita peruskorjaustoimenpiteitä päästöjä alentava vaikutus on -40 %. Arviossa ei kuitenkaan ole otettu huomioon maalämpöjärjestelmän mm. tuotevaiheen, huoltojen ja kuljetusten vaikutuksia. Tulokset ovat silti linjassa Valtioneuvoston ”Rakennusten energia-avustus vastaa sille asetettuja tavoitteita” karkean arvion osalta, jossa päästövähennys oli 72–84 % (maalämpöpumppu + poistoilmalämpöpumppu). Toronkulman osalta on kuitenkin tunnistettu, että tarvittavan lämmönkeruupiirin tai lämpökaivojen sijoittaminen vaatisi paikoitusalueiden avauksia ja kentän sijoitusta eteläpuolelle tonttia.



Kuva 3. Asemapiirroksen ote rakennuksen sijoittumisesta tontille (Pääpiirustus: Halli Jyrkinen. Vilho Suonmaa. 1982)

Taulukko 23. Kaukolämmöstä maalämpöön siirtyminen ja sen GWP vaikutusarviointi (t CO<sub>2</sub>e)

Sijointus	Tapaus	Yhdistelmät C_1+C_2+C_3+C_4+C_5+C_6	2022 (t CO <sub>2</sub> e)	2032 (t CO <sub>2</sub> e)	2042 (t CO <sub>2</sub> e)
Sähkö+ Kaukolämpö	run11586	R0+R9+R11+R0+R161+R131	55,55	328,95	490,20
Sähkö+ Maalämpö	run11586	R0+R9+R11+R0+R161+R131	43,60	221,31	350,39
Ostoenergia		Sähkö (MWh)	Kaukolämpö (MWh)	Yhteensä (MWh)	
Sähkö+ Kaukolämpö	run11586	98,1466	153,9313	252,077	
Sähkö+ Maalämpö	run11586	149,46	-	149,46	

Toissijaisena keinona voidaan nähdä juuri rakenteelliset toimenpiteet mm. ulkoseinien, yläpohjan ja ikkunoiden lämmöneristävyyden osalta, joka voidaan toteuttaa sisäpuolisena tai ulkopuolisena lämmöneristysenä. Ulkopuolinen lämmöneristys voitaisiin

toteuttaa ulkokuorta purkavana tai säilyttävä toimenpiteenä. Yleisesti käytössä on kuitenkin ulkokuoren purku, jossa kantava sisäpuolinen rakenne säilytetään ja lämmöneristysosuudet vaihdetaan. Toronkulman osalta se ei kuitenkaan ole perusteltua, koska julkisivurakenne on edelleen hyväkuntoinen vaatien peltiprofiilin pesua ja maalipintojen uusimisia. Tällöin sisäpuolinen lämmöneristäminen tai tiiveyskorjaus voidaan nähdä perustelluksi, vaikka se vähentää hieman kerrosneliöiden määrää.

Ulkokuoren tiiveyttä parantavat korjaukset vähentävät hallitsemattoman ulkoa tulevan korvausilman osuutta ilmanvaihdossa. Tämä pienentää osaltaan rakennuksen lämmityksen energiatarvetta talvikuukausina.

Nykyinen kaukolämmön tehotarve/ liittymäteho on kiinteistöön 188 kW ja suurin kolmen tunnin teho on ollut 90 kW (talvi). Tarkasteltaessa kaukolämmön ja maalämmön keskinäisiä kustannuksia muodostuvat kaukolämmön kustannukset tehomaksusta sekä energiamaksusta. Maalämmön osalta kustannukset muodostuvat pääasiassa alkuinvestoinnista sekä vuosittaisesta energiankulutuksesta. LCC- tarkastelu tehdään parhaimman GWPI00 tarkastelun case/ run11586 mukaan. Kaukolämmön kustannuksien tietoina on käytetty Savon Voiman Joensuun alueen kaukolämpöhinnaston tietoja. Kustannuksien osalta korvataan täysimääräisesti kaukolämmön kulutus. Sähkön kilowattituntikohtaisena hintana käytetään tarkasteluhetken SPOT hintaa lisätynä siirtomaksulla, jolloin hinta on 25 snt/ kWh. Aihealueeseen liittyviä tarkempia arviointeja on löydettävissä lähteistä: *Niko Lehtonen, 2020, Lämmitysjärjestelmien kustannusvertailu kerrostaloyhtiössä sekä Annamaria Tiainen, 2020, Kaukolämmöstä maalämpöön vaihtamisen taloudellinen kannattavuus asuintaloissa Lappeenrannassa.*

**Taulukko 24.** Kaukolämmön ja maalämmön kustannusvertailu, vuotuiset kulut (sis. alv 24 %)

		Vuotuiset käyttökustannukset		
Lämmitysmuoto	Alkuinvestointi	Energiamaksu	Tehomaksu	Vuotuiset kustannukset sis. huolto
Kaukolämpö	(nykyinen järjestelmä)	153 MWh* 64,01 €/MWh= 9623 €	188 kW* 43 €+940 €= 9024 €	9623 €+ 9024 €+300 € (huolto)= 18 947 € /a
Maalämpö	(ei arvioitu)	51 MWh*1000*0,25 €/kWh)= 12750 €	-	12750 €+1000 € (huolto)=13750 € / a

Tulosten perusteella voidaan arvioida, että maalämpö on vuotuisilta käyttökustannuksiltaan alempi kuin kaukolämpö. Toisaalta alkuinvestoinnit voivat nousta

maalämmössä pelkästään maalämpöjärjestelmän osalta kyseessä olevan kohteen laajuus huomioiden satoihin tuhansiin euroihin. Tällöin investointi maksaisi itsensä takaisin kyseisellä olettamalla noin 15-20 vuodessa. Kyseinen takaisinmaksuaika voidaan nähdä riskisijoituksena huomioiden rakennuksen jäljellä oleva suunniteltu käyttöikä. Takaisinmaksuaika on myös riippuvainen verkkosähkön hinnan kehityksestä, jonka voidaan olettaa olevan myös jatkossa nouseva.

## 17 Elinkaarikustannukset (LCC) korjaustoimenpiteiden osalta

Toronkulman osalta kustannustarkastelu rajataan rakennusosakohtaisesti tehtyihin muutoksiin. Tällöin kustannuksien osalta ei huomioida rakennuksen elinkaaren lopun purkukustannuksia vaan tarkastelu kohdistuu työkustannusten osalta purkutyön ja uudistyön työmenekkeihin sekä uudistyön vaatimiin materiaalikustannuksiin. Purkutyön osalta huomioidaan rakennusosakohtaiset kustannukset jätemaksujen sekä kuljetusten osalta tonnikohtaisesti. Tarkemmat taustatiedot mm. rakennetyyppikohtaisesti ovat liitteessä 1 ja 2. Kustannusarviot eivät sisällä arvonlisäveroa (alv 0 %).

Jos rakennuksessa ei tehtäisi lainkaan peruskorjaustoimenpiteitä, muodostuisivat kiinteistön ylläpito- ja huoltokustannukset PTS- suunnitelman mukaisesti. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että kiinteistö "ajetaan loppuun" minimaalisilla investoinneilla ja varaudutaan käyttöiän päätyttyä mahdolliseen purkamiseen sekä tontin hyödyntämiseen uudisrakentamisessa. Kyseinen vaihtoehto voi olla järkevin, jos kiinteistön todetaan olevan huonokuntoinen, ylläpitokustannuksiltaan suuri tai tontin arvo on rakennuksen nykyarvoa merkittävästi suurempi. Yhtenä syynä voidaan myös nähdä se, ettei kiinteistölle sekä sen tiloille nähdä olevan potentiaalisia käyttäjiä ja kiinteistön esim. vuokratuotto on heikentynyt tämän johdosta.

Suurimmat työmenekit ovat odotettavissa yläpohjan sisäpuolisen lisälämmöneristämisen osalta. Tätä selittää osaltaan asennustyön tekeminen kehärakenteiden välikköihin. Uudistyön osuus on yläpohjan lisälämmöneristämisen osalta huomattava, koska aikaisemmat rakennekerrokset säilytetään (oletuksena ettei niissä ole vaurioita kuntoarviointiin tai tutkimukseen perustuen). Jos vesikattorakenteet purettaisiin kokonaisuudessaan vesikaton uusimisen yhteydessä, olisi järkevintä käyttää tällöin Kerto- puukattoelementtejä tai esim. pelti-villa-pelti eristettyjä kattoelementtejä. Materiaalikustannuksiltaan alapuolisen liimapuupalkiston kustannukset ovat suurempia verrattuna kaksinkertaiseen järeään koolaukseen sahatavaralla (n. 75,12 €/m<sup>2</sup> vs 33,2-48,8 €/m<sup>2</sup> alv 0%). Kummassakin korjausvaihtoehdossa sen sijaan korostuu nostimen käyttötarve sekä kiinteistön toimintojen osittainen keskeytyminen korjaustyön ajaksi.

Alapohjan osalta tilanne on sen sijaan yläpohjarakenteeseen verrattuna tasaisempi purku- ja uudistyön työmenekkien osalta. Alapohjakorjausvaihtoehdoissa, joissa lisätään lisälämmöneristystä alapohjaan, ei voida välttää nykyisen teräsbetonilaatan tai

lämmöneristeen purkutöiltä. Toisaalta kyseisellä korjaustavalla muodostuu myös merkittävämpiä jättekustannuksia betonijätteen osalta. Paitsi jos betonijäte voidaan hyödyntää esim. paikoitusalueiden täytöissä tontilla, joka vaatii silti jätteen prosessointia murskaamalla.

Ulkoseinärakenteiden osalta peruskorjaus voidaan toteuttaa sisä- tai ulkopuolisella lisälämmöneristyksellä tai purkamalla nykyinen lämmöneriste ja korvaamalla se lämmöneristävyydeltään paremmalla tuotteella esim. FF-PIR 150 AL (kts. rakennetyypit). Nykyisen lämmöneristeen purkutyön osuus on kuitenkin lähes uudistuksen työmenekkien suuruinen. Korjausvaihtoehdot US1.1 ja US1.3 vaativat sisäpuolista suojausta ja US1.2 tuulensuojaeristeen asentaminen voidaan suorittaa ulkopuolelta.

Ikkunoiden peruskorjaus laajemmassa mittakaavassa voidaan nähdä työmenekin osalta kevyempänä toimenpiteenä rakennusosien muihin korjauksiin nähden. Tämä selittyy osaltaan sillä, että ikkuna-asennuksissa asennetaan pitkälle viimeistelyä rakennusosaa. Kyseinen viimeistelyaste nostaa kuitenkin materiaalikustannuksia merkittävästi ja kokonaisuutena takaisinmaksuaika kasvaa liian pitkäksi jäljellä olevaan käyttöikänsä nähden.

Tiivistyskorjauksen etuna voidaan nähdä sen vähäinen suojaustarve nykyisten tilojen osalta sekä suhteellisen lyhyt työmenekki muihin vaihtoehtoihin nähden. Tiivistyskorjauksella ei myöskään voida nähdä olevan tilojen toimintoja suuresti haittaava vaikutus lukuun ottamatta paikallisia työnaikaisia siirtoja. Tiivistyskorjauksen toimenpiteet kohdistuvatkin ulkopuolisen rakennusvaipan tiiveyden parantamiseen.

Taulukko 25. Työmenekit tunnuksittain ja RAK tyypeittäin (tth)

Tunnus	RAK tyyppi	Purku-työt tth/m2	Uudistyö tth/m2	Kokonais-ala m2	Yhteensä, purku tth	Yhteensä, uudistyö tth	Kokonais-määrä tth
R0	Nykyinen rakenne	0	0	1437,69	0	0	0
R1	API.1	0,36	0,4	1437,69	517,5684	575,076	1092,6444
R2	API.2	0,42	0,36	1437,69	603,8298	517,5684	1121,3982
R3	API.3	0,36	0,4	1437,69	517,5684	575,076	1092,6444
R4	API.4	0,058	0,482	1437,69	83,38602	692,96658	776,3526
R5	API.5	0,058	0,482	1437,69	83,38602	692,96658	776,3526
R6	YPI.1	0	0,31	1378,167	0	427,23177	446,43177
R7	YPI.2	0	1,05	1378,167	0	1447,07535	1466,27535
R8	YPI.3	0	1,23	1378,167	0	1695,14541	1728,95541
R9	YPI.4	0	1,23	1378,167	0	1695,14541	1728,95541
R10	US1.1	0	0,158	710,48	0	112,25584	131,45584
R11	US1.2	0,155	0,94	710,48	110,1244	667,8512	797,1756
R12	US1.3	0,3	0,408	710,48	213,144	289,87584	522,21984
R131	US2.1			493,5	0	0	512,7
R132	US2.2			493,5	0	0	512,7
R133	US2.3			493,5	0	0	512,7
R14	SE1.1	0,31	0,408	186,05	57,6755	75,9084	152,7839
R15	SE1.2	0,31	0,408	186,05	57,6755	75,9084	152,7839
R161	Tiivistys-korjaus		0,1	1276		146,8	146,8
R162	Tiivistys-korjaus		0,1	1276		146,8	146,8

Taulukko 26. Työmenekkien, materiaalien sekä purkukustannusten koonti (€, alv 0%)

Tunnus	RAK tyyppi	Työmenekkien kustannus €	Materiaalikus- tannus €/m2	Materiaali- kustannus €	Purkutyö- kustannus €, jäte	Materiaali+ jäte €
R0	Nykyinen rakenne	0	0	0	0	0
R1	AP1.1	57638	34	49342	15530	64871
R2	AP1.2	59154	34	49342	15530	64871
R3	AP1.3	57638	34	49342	15530	64871
R4	AP1.4	40953	56	80396	0	80396
R5	AP1.5	40953	56	80396	0	80396
R6	YP1.1	23550	33	45755	0	45755
R7	YP1.2	77347	49	67255	0	67255
R8	YP1.3	91203	75	103528	0	103528
R9	YP1.4	91203	75	103528	0	103528
R10	US1.1	6934	33	23588	0	23588
R11	US1.2	42051	42	29627	0	29627
R12	US1.3	27547	85	60192		60192
R131	US2.1	27045	150	74025	1168	75193
R132	US2.2	27045	399	197074	1168	198242
R133	US2.3	27045	399	197074	1168	198242
R14	SE1.1	8059	63	11796	0	11796
R15	SE1.2	8059	63	11796	0	11796
R161	Tiivistys- korjaus	7744	20	25852	0	25852
R162	Tiivistys- korjaus	7744	20	25852	0	25852

Aikaisemmin esitetyt taulukot kuvaavat kuitenkin vain yhden toimenpiteen muodostamia karkeita kustannuksia, jolloin tarkasteltaessa CO2e- kokonaispäästöiltään alhaisia toteutusratkaisuja muodostuvat kustannukset huomattavan suuriksi.



**Taulukko 27.** TOP 10 sijoitukset tarkasteluvuoden 2032 mukaan (suunniteltu käyttöikä 50 vuotta) sekä kokonaiskustannukset (työ+materiaali+purku)

Sijoitus	Tapaus	Yhdistelmät C_1+C_2+C_3+C_4+C_5+C_6	Kokonaiskustannukset € (työ+materiaali+purku)
1	run11586	R0+R9+R11+R0+R161+R131	234 200
2	run11826	R0+R9+R11+R14+R161+R131	245995,431
3	run10146	R0+R9+R0+R0+R161+R131	204572,845
4	run10386	R0+R9+R0+R14+R161+R131	216368,415
5	run10866	R0+R9+R10+R0+R161+R131	228160,781
6	run11106	R0+R9+R10+R14+R161+R131	239956,351
7	run12066	R0+R9+R11+R15+R161+R131	245995,431
8	run10626	R0+R9+R0+R15+R161+R131	216368,415
9	run11346	R0+R9+R10+R15+R161+R131	239956,351
10	run11538	R0+R7+R11+R0+R161+R131	197926,5056

**Taulukko 28.** TOP 10 sijoitukset tarkasteluvuoden 2032 mukaan (suunniteltu käyttöikä 50 vuotta) sekä kokonaiskustannukset (työ+materiaali+purku) ja energia (vuotuinen)

**Energiankulutuksen kustannukset**

<b>Kaukolämpö</b>	Energiamaksu (sis. Alv 24%)	64,01 €/MWh sis. Alv 24%
	Tehomaksu	43€/kW + 940€
	Kaukolämpö, teho	188 kW
<b>Sähkö</b>	Kulutushinta, yleinen	14 snt/ kWh sis. Alv 24%
	Siirtomaksu+vero (PKS)	7,13 snt/ kWh sis. Alv 24%
	Yleissiirto, yksiaika pääsulake 3x80 A	128,5 €/kk

Sijoitus	Tapaus	Kaukolämpö (MWh/a)	Sähkö (MWh/a)	Yhteensä
	run10001	204,7	98,2457	302,9457
	run10005	215,3042	98,125	313,4292
1	run11586	153,9313	98,1466	252,0779
2	run11826	153,5261	98,1489	251,675
3	run10146	161,7318	98,1514	259,8832
4	run10386	161,3191	98,1566	259,4757
5	run10866	153,8066	98,1493	251,9559
6	run11106	153,398	98,1535	251,5515
7	run12066	153,5608	98,159	251,7198
8	run10626	161,3622	98,1628	259,525
9	run11346	153,4363	98,1585	251,5948
10	run11538	155,7941	98,1362	253,9303

Sijoitus	Tapaus	Kaukolämpö			Sähkö				Yhteensä kauko+sähkö €/a (alv 0%), energia
		Energia-maksu	Teho-maksu	Yhteensä, €/a	Kulutus-hinta, yleinen	Siirto-maksu+ vero (PKS)	Yleissiirto, yksiaika pääsulake 3x80 A	Yhteensä, €/a	
	run10001	10567	7459	18026	11092	5649	1244	17985	36011
	run10005	11114	7459	18574	11079	5642	1244	17964	36538
1	run11586	8349	7459	15808	11082	5644	1244	17969	33777
2	run11826	8327	7459	15787	11082	5644	1244	17970	33757
3	run10146	8330	7459	15789	11083	5644	1244	17971	33760
4	run10386	7940	7459	15399	11081	5644	1244	17969	33368
5	run10866	7919	7459	15378	11082	5644	1244	17969	33347
6	run11106	7921	7459	15380	11082	5644	1244	17970	33350
7	run12066	8042	7459	15502	11080	5643	1244	17966	33468
8	run10626	7946	7459	15405	11081	5643	1244	17968	33373
9	run11346	7925	7459	15385	11081	5644	1244	17968	33353
10	run11538	7927	7459	15386	11082	5644	1244	17970	33356

Sijoitus	Tapaus	Yhteensä kauko+sähkö €/a, energia	kokonaiskustannukset, peruskorjaus	energia+ peruskorjaus
	run10001	36011	25852	61863
	run10005	36538	25852	62390
1	run11586	33777	204573	238350
2	run11826	33757	216368	250125
3	run10146	33760	216368	250128
4	run10386	33368	228161	261528
5	run10866	33347	239956	273303
6	run11106	33350	239956	273306
7	run12066	33468	197927	231394
8	run10626	33373	234200	267573
9	run11346	33353	245995	279348
10	run11538	33356	245995	279352

Tulosten osalta voidaan todeta, että takaisinmaksuaika vuotuisen energiankulutuksen ja kustannusten perusteella olisi liian pitkä jäljellä olevaan käyttöikään nähden. Tällöin voi olla järkevämpää kustannusten näkökulmasta käyttää rakennus loppuun vähäisillä peruskorjaustoimenpiteillä keskittyen energiakorjauksessa ulkovaipan ja yläpohjan korjaustoimenpiteisiin sekä tiiveyteen. Tai vaihtoehtoisesti päästöjen näkökulmasta rakentaa uusi vastaavan käyttötarkoituksen rakennus samalle tontille hyödyntäen purettavan rakennuksen rakennusosia.

Yksittäisten rakennusosien parannustoimenpiteiden osalta järkevintä olisi yläpohjan ja ulkoseinien energiatehokkuutta edistävät toimenpiteet sekä tiiveyden parantaminen. Näissä toimenpiteissä saavutettaisiinkin 10–15 vuoden takaisinmaksuaikoja, jotka olisivat vielä rakennuksen suunnitellun käyttöiän puitteissa. Tiiveyskorjauksella voidaan nähdä saavutettavan alle 10 vuoden takaisinmaksuaikoja, mutta tiiveys tulisi varmistaa mittauksilla, jotta voidaan arvioida toimenpiteiden tarve sekä vaikuttavuus.

# 18 GWP ehdotetut vähennys-toimenpiteet

Jäljempänä mainitut toimenpiteet ovat vain osa monista vähennystoimenpiteistä, joilla voi saada kohteessa vähennettyä rakennuksen GWP (kgCO<sub>2</sub>e) 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 (Sähkömarkkinalaki 588/2013) sekä sen tulkintaan, voi se tulla harkittavaksi toimenpiteeksi mm. taloyhtiöiden päästövähennystoimenpiteiden saavuttamiseksi. Toisaalta tulkinanvaraiseksi jää miten tätä sähkömarkkinalakia tulkitaan yhdessä maankäyttö- ja rakennuslain 927/2021 kohdan 17 I § osalta, jossa asetetaan uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian vähimmäisosuus seuraavasti:

117 | §

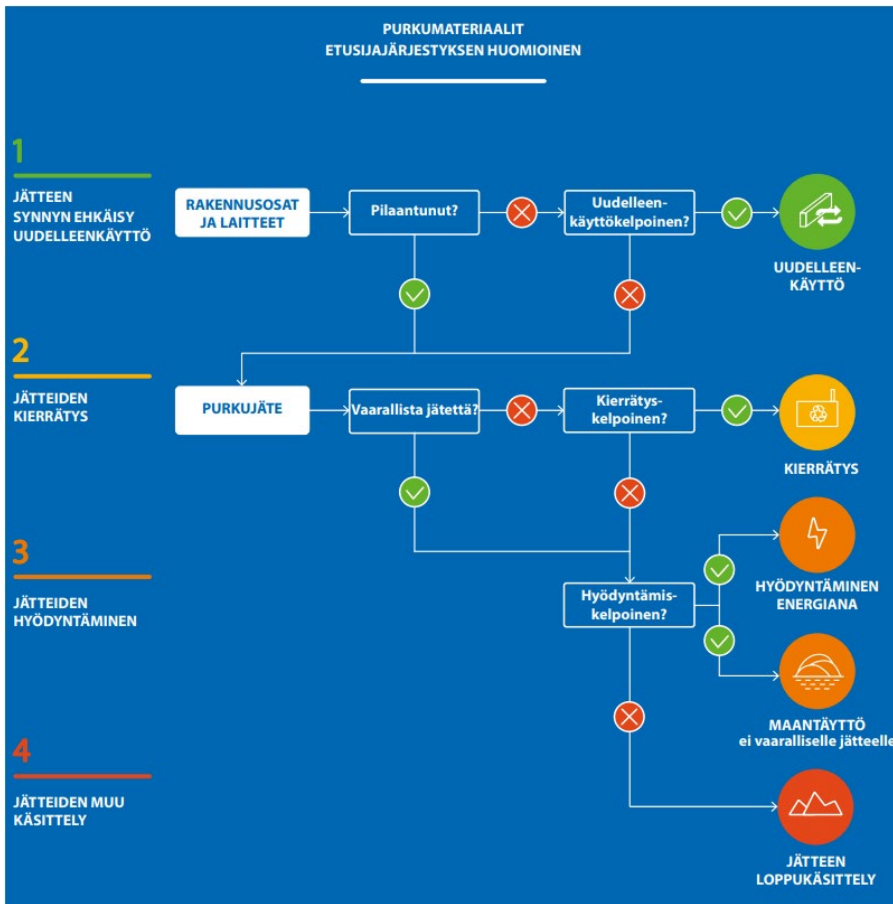
*Uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian vähimmäisosuus*

*Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että uudessa tai laajamittaisesti korjattavassa rakennuksessa energialaskennassa käytettävästä laskennallisesta ostoenergiasta vähintään 38 prosenttia on uusiutuvaa energiaa, jos se on teknisesti, toiminnallisesti ja taloudellisesti toteutettavissa. Uusiutuvan energian vähimmäisosuuden täytyminen on osoitettava laskelmalla.*

*Laajamittaisella korjauksella tarkoitetaan korjausta, jossa rakennuksen vaippaan tai rakennuksen teknisiin järjestelmiin liittyvien korjausten jälleenrakentamiskustannuksiin perustuvat kokonaiskustannukset ovat yli 25 prosenttia rakennuksen arvosta, rakennusmaan arvo pois lukien. Uusiutuvalla energialla tarkoitetaan uusiutuvan energian tuotantolaitosten lupamenettelyistä ja eräistä muista hallinnollisista menettelyistä annetun lain (1145/2020) 3 §:n 4 kohdassa tarkoitettua uusiutuvaa energiaa. Energiamuodon uusiutuvan energian osuus määräytyy laskelmassa kunkin energiamuodon keskimääräisen valtakunnallisen uusiutuvan energian osuuden perusteella...*

(Laki maankäyttö- ja rakennuslain muuttamisesta 927/2021)

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 kestävä kehityksen ja kiertotalouden periaatteita. Tämä tarkoittaa käytännössä työmaan osalta jätejakeiden lajittelua noudattaen etusijajärjestystä välttäen 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 julkaisu 2019:30, 23)

## 19 Tutkimuksen kriittinen arviointi

Varsinaista eturistiriitaa ei voida nähdä syntyvän tutkijalle, koska tutkija ei työskentele tuotteita valmistaville tai suunnitteleville yrityksille, omaa patenteja tai ole osakkaana palveluita tuottavissa tai kehittävässä yrityksissä/organisaatioissa. Tutkimuksen teko-  
hetkellä pääasiallisena työnantajana toimii myös muu kuin työn toimeksiantaja. 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. Tutkimusaineisto käsittää osaltaan tutkijoiden sekä Karelia ammattikorkeakoulun aikaisemmin julkaistuja aineistoja viittauksina nostamalla 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."

## 20 Pohdinta

Rakennus- ja peruskorjaushankkeesta riippuen on aina mietittävä todellisia tavoitteita hankkeen osalta. Pelkästään yhden osa-alueen parannukset voivat johtaa tuloksien suppeaan tulkintaan ja kiinteistön omistaja tai taloyhtiö määrittääkin itse haluamansa painotuksen toimenpiteiden merkitettävyydelle.

Päätöksenteko voidaan tällöin selkeyttää määrittämällä esim. peruskorjausten osalta painotuskerrointa tai hankekohtaisia tavoitteita kohdekohtaisesti, joita voivat olla:

- Saavutettu energiatehokkuuden parannus lähtötasoon nähden tai energiatodistusluokka
- Keskimääräinen tavoitekustannus t CO<sub>2</sub>e kohden
- Suunnitellun käyttöiän jatkamisen tavoitteet
- Käyttökelpoisuuden ylläpito
- Rahallisen arvon turvaaminen sekä ylläpito
- Vastaavan uudisrakennuksen mahdollisuudet
- Uudistuminen tarpeiden ja haasteiden mukaan mm. käyttäjät



# Lähteet

Laki maankäyttö- ja rakennuslain muuttamisesta 927/2021. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2021/20210927>

Motiva. n/d. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/jarjestelman\\_valinta/aurinkosahkojarjestelman\\_teho](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/aurinkosahkojarjestelman_teho)

Pitkän aikavälin korjausrakentamisen strategia 2020–2050. 2020. <https://www.ym.fi/download/noname/%7B242AE19E-F497-4A38-8DF2-95556530BA53%7D/156573>

Rakennustieto Oy. 2022. Rakennusosien kustannuksia 2022.

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. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20130588>

Valtioneuvosto. 2021. Rakennusten energia-avustus vastaa sille asetettuja tavoitteita. <https://valtioneuvosto.fi/-/1410903/rakennusten-energia-avustus-vastaa-sille-asetettuja-tavoitteita>. 26.04.2022

Wahlström, M., Hradil, P., Teittinen, T., Lehtonen, K. 2019. Purkukartoitus – opas laatijalle. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-037-8>

WWF. 2018. WWF:n Ilmastolaskurin kertoimet – Suomi 2018 (Excel). [https://wwf.fi/ilmastolaskuri\\_laskentaperusteet/](https://wwf.fi/ilmastolaskuri_laskentaperusteet/). 26.04.2022.

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

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

## Liite 1. Rakennusosakohtaiset jätemaksu- ja materiaali-kustannukset

Jäte- ja käsittelymaksut kaikille vaihtoehdoille (huom! Käytettäessä vaihtolavapalvelua)

Hinnat alv 0%

Kuljetusmaksu	99,82 €/h (Puhas Oy)
Lavan vuokra	15 €/ vrk (Puhas Oy)
Punnitusmaksu	10,00 €/kpl (Puhas Oy)
Koneellinen kuorman purku	20,00 €/kpl (Itä-Suomen Murskauskeskus)
Koneellinen kuorman purku	70,00 €/h (Itä-Suomen Murskauskeskus)
Rakennusjäte, luokka II	240,00 €/t (Itä-Suomen Murskauskeskus)
	264,74 €/t (Puhas Oy)

**Jätteenkäsittelymaksut (yrityksille) tässä kohteessa tulevat jätejakeet huomioiden:**

Betonijäte 5,0M (Kappaleen pituus yli 5,0 metriä tai vaikeasti rikottavat kappaleet)	30,00 €/t	(Itä-Suomen Murskauskeskus)
Puujäte	156,99 €/t	(Puhas Oy)
Kierrätyspuujäte, puujäte	45,00 €/t	(Itä-Suomen Murskauskeskus)
Energiajäte/ poltettava jäte→		
Eristejäte, EPS, XPS (Stryrox vanha)	132,37 €/t	(Puhas Oy)
	95,00 €/t	(Itä-Suomen Murskauskeskus)
Villan tiheyden arvio 30 kg/m <sup>3</sup>		
Villajäte, puhdas	130,00 €/t	(Itä-Suomen Murskauskeskus)
Loppusijoitettava jäte (mineraalivilla)	25,00 €/m <sup>3</sup>	(Itä-Suomen Murskauskeskus, yleinen)
Ajateltava melkein rakennusjätteenä, lajiteltu	132,37 €/t	(Puhas Oy)

*Rakennusosien kustannukset yleensä alv 0%.*

# 1 Alapohjat

## 1.1 API.1

### 1.1.1 Materiaalikustannukset

ROK2022 Rakennusosien kustannuksia- Rakennustieto. Yksikkökustannus \_Alapohja 404- sivu 54. pinnassa pölynsidonta vain uudistyön materiaalit

Teräsbetoni-laatta 15,40 €/m<sup>2</sup>

Suodatinkangas 0,92 €/m<sup>2</sup>

Lämmöneriste 200 mm- 18 €/m<sup>2</sup>

**Yhteensä 34,32 €/m<sup>2</sup>**

### 1.1.2 Jättekustannukset

Jättemaksut Puhas Oy, jos tietoja ei ole saatavilla käytetään Itä-Suomen Murskauskeskuksen hintoja.

Kuljetusmaksu jäte-erää kohden 99,82 €, puoliperävaunu 18 m<sup>3</sup>/ 27 tn  
Punnitusmaksu 12,36 €/kerta

Jättemäärä ~1500 kg, 1,5 t EPS\* 132,70 €/tn (Puhas)= 199,05 €

Kuljetukset meno 100 % ja paluu 0 % täyttöasteen osalta.

71,925 m<sup>3</sup>/ 18 m<sup>3</sup>= 4 kertaa\* (99,82 €/krt+12,36 €/krt)= 448,72 €

Jättemäärä 432 500 kg, 432,50 t betoni\* 30,00 €/tn (Puhas)= 12 975 €

Kuljetukset meno 100 % ja paluu 0 % täyttöasteen osalta.

432,50 tn/ 27 tn= 17 kertaa\* (99,82 €/krt+12,36 €/krt)= 1907,06 €

**Jättemaksut ja kustannukset yhteensä 199,05 €+ 448,72 €+12 975 €+1907,06 €=  
15 529,83 €**

## 1.2 API.2

### 1.2.1 Materiaalikustannukset

ROK2022 Rakennusosien kustannuksia- Rakennustieto. Yksikkökustannus \_Alapohja 404- sivu 54. pinnassa pölynsidonta vain uudistyön materiaalit

Teräsbetoni-laatta 15,40 €/m<sup>2</sup>

Suodatinkangas 0,92 €/m<sup>2</sup>

Lämmöneriste 200 mm- 18 €/m<sup>2</sup>

**Yhteensä 34,32 €/m<sup>2</sup>**

### 1.2.2 Jättekustannukset

Jättemaksut Puhas Oy jos tietoja ei ole saatavilla käytetään Itä-Suomen Murskauskeskuksen hintoja.

Kuljetusmaksu jäte-erää kohden 99,82 €, puoliperävaunu 18 m<sup>3</sup>/ 27 tn

Punnitusmaksu 12,36 €/kerta

Jättemäärä ~1500 kg, 1,5 t EPS\* 132,70 €/tn (Puhas)= 199,05 €

Kuljetukset meno 100 % ja paluu 0 % täyttöasteen osalta.

71,925 m<sup>3</sup>/ 18 m<sup>3</sup>= 4 kertaa\* (99,82 €/krt+12,36 €/krt)= 448,72 €

Jättemäärä 432 500 kg, 432,50 t betoni\* 30,00 €/tn (Puhas)= 12 975 €

Kuljetukset meno 100 % ja paluu 0 % täyttöasteen osalta.

432,50 tn/ 27 tn= 17 kertaa\* (99,82 €/krt+12,36 €/krt)= 1907,06 €

**Jättemaksut ja kustannukset yhteensä 199,05 €+ 448,72 €+12 975 €+1907,06 €= 15 529,83 €**

## 1.3 API.3

### 1.3.1 Materiaalikustannukset

ROK2022 Rakennusosien kustannuksia- Rakennustieto. Yksikkökustannus \_Alapohja 404- sivu 54. pinnassa pölynsidonta vain uudistyön materiaalit

Teräsbetoni-laatta 15,40 €/m<sup>2</sup>

Suodatinkangas 0,92 €/m<sup>2</sup>

Lämmöneriste 200 mm- 18 €/m<sup>2</sup>

**Yhteensä 34,32 €/m<sup>2</sup>**

### 1.3.2 Jättekustannukset

Jättemaksut Puhas Oy jos tietoja ei ole saatavilla käytetään Itä-Suomen Murskauskeskuksen hintoja.

Kuljetusmaksu jäte-erää kohden 99,82 €, puoliperävaunu 18 m<sup>3</sup>/ 27 tn

Punnitusmaksu 12,36 €/kerta

Jättemäärä ~1500 kg, 1,5 t EPS\* 132,70 €/tn (Puhas)= 199,05 €

Kuljetukset meno 100 % ja paluu 0 % täyttöasteen osalta.

$71,925 \text{ m}^3 / 18 \text{ m}^3 = 4 \text{ kertaa}^* (99,82 \text{ €/krt} + 12,36 \text{ €/krt}) = 448,72 \text{ €}$

Jättemäärä 432 500 kg, 432,50 t betoni\* 30,00 €/tn (Puhas)= 12 975 €

Kuljetukset meno 100 % ja paluu 0 % täyttöasteen osalta.

$432,50 \text{ tn} / 27 \text{ tn} = 17 \text{ kertaa}^* (99,82 \text{ €/krt} + 12,36 \text{ €/krt}) = 1907,06 \text{ €}$

**Jättemaksut ja kustannukset yhteensä 199,05 €+ 448,72 €+12 975 €+1907,06 €=  
15 529,83 €**

## 1.4 API.4

### 1.4.1 Materiaalikustannukset

ROK2022 Rakennusosien kustannuksia- Rakennustieto. Yksikkökustannus \_Alapohja 404- sivu 54. pinnassa pölynsidonta vain uudistyön materiaalit

Teräsbetoni-laatta 15,40 €/m<sup>2</sup>

Suodatinkangas 0,92 €/m<sup>2</sup>

Lämmöneriste 100 mm- 9,0 €/m<sup>2</sup>

Höyrinsulku/ tiivistyskorjaus Ardex EP 2000+sirote 51 €/kg\*0,6 kg/m<sup>2</sup>= 30,6 €/m<sup>2</sup>

Yhteensä 55,92 €/m<sup>2</sup>

Ei jätemaksuja tehtäessä nykyisen laatan päälle.

## 1.5 API.5

### 1.5.1 Materiaalikustannukset

ROK2022 Rakennusosien kustannuksia- Rakennustieto. Yksikkökustannus \_Alapohja 404- sivu 54. pinnassa pölynsidonta vain uudistyön materiaalit

Teräsbetoni-laatta 15,40 €/m<sup>2</sup>

Suodatinkangas 0,92 €/m<sup>2</sup>

Lämmöneriste 100 mm- 9,0 €/m<sup>2</sup>

Höyrinsulku/ tiivistyskorjaus Ardex EP 2000+sirote 51 €/kg\*0,6 kg/m<sup>2</sup>= 30,6 €/m<sup>2</sup>

Yhteensä 55,92 €/m<sup>2</sup>

Ei jätemaksuja.

## 2 Yläpohjat

### 2.1 YP1.1

#### 2.1.1 Materiaalikustannukset

ROK2022 Rakennusosien kustannuksia- Rakennustieto. Yksikkökustannus Yläpohja 104/106- sivu 132-133 yhdistetty kustannustietoa . Ei sisällä työmenekin kustannuksia.

FF-PIR GYL 70 30,50 €/m<sup>2</sup>

Kattotasote, tasoite 1,5 kertaa ja saumas, kipsilevy 1,21 €/m<sup>2</sup>

Kattomaalaus, maali 2 kertaa kuiva tila. 1,49 €/m<sup>2</sup>

Yhteensä 33,2 €/m<sup>2</sup>

Ei jätemaksuja.

### 2.2 YP1.2

#### 2.2.1 Materiaalikustannukset

ROK2022 Rakennusosien kustannuksia- Rakennustieto sekä taloon.com. Yksikkökustannus

Koolaus 2x 50x100 k600= 16 €/m<sup>2</sup>

Koolaus 22x100 k400= 5,04 €/m<sup>2</sup>

Lämmöneriste 200 mm= 19,64 €/m<sup>2</sup>

Kipsilevy GN13= 5,42 €/m<sup>2</sup>

Kattotasote 1,5 kertaa ja saumaus, kipsilevy 1,21 €/m<sup>2</sup>

Kattomaalaus, maali 2 kertaa kuiva tila 1,49 €/m<sup>2</sup>

Yhteensä 48,8 €/m<sup>2</sup>

Ei jätemaksuja.

### 2.3 YP1.3

#### 2.3.1 Materiaalikustannukset

ROK2022 Rakennusosien kustannuksia- Rakennustieto sekä taloon.com. Yksikkökustannus

Liimapuupalkisto 42x270 (halkaistu) 50 €/m<sup>2</sup>

Lämmöneriste 270 mm, kotelopuhallus= 17,00 €/m<sup>2</sup>

Kipsilevy GN13= 5,42 €/m<sup>2</sup>

Kattotasote 1,5 kertaa ja saumaus, kipsilevy 1,21 €/m<sup>2</sup>

Kattomaalaus, maali 2 kertaa kuiva tila 1,49 €/m<sup>2</sup>

Yhteensä 75,12 €/m<sup>2</sup>

Ei jätemaksuja.

## 2.4 YPI.4

### 2.4.1 Materiaalikustannukset

ROK2022 Rakennusosien kustannuksia- Rakennustieto sekä taloon.com. Yksikkökustannus

Liimapuupalkisto 42x270 (halkaistu) 50 €/m<sup>2</sup>

Lämmöneriste 270 mm, kotelopuhallus= 17,00 €/m<sup>2</sup>

Kipsilevy GN13= 5,42 €/m<sup>2</sup>

Kattotasoite 1,5 kertaa ja saumaus, kipsilevy 1,21 €/m<sup>2</sup>

Kattomaalaus, maali 2 kertaa kuiva tila 1,49 €/m<sup>2</sup>

Yhteensä 75,12 €/m<sup>2</sup>

Ei jätemaksuja.

## 3 Ulkoseinät

### 3.1 US1.1

#### 3.1.1 Materiaalikustannukset

ROK2022 Rakennusosien kustannuksia- Rakennustieto. Yksikkökustannus Yläpohja 104/106- sivu 132-133 yhdistetty kustannustietoa . Ei sisällä työmenekin kustannuksia.

FF-PIR GYL 70 30,50 €/m<sup>2</sup>

Kattotasoite, tasoite 1,5 kertaa ja saumas, kipsilevy 1,21 €/m<sup>2</sup>

Kattomaalaus, maali 2 kertaa kuiva tila. 1,49 €/m<sup>2</sup>

Yhteensä 33,2 €/m<sup>2</sup>

Ei jätemaksuja.

### 3.2 US1.2

#### 3.2.1 Materiaalikustannukset

Isover RKL--> Isover Facade 75x1200x1800 41,70 €/m<sup>2</sup>

Yhteensä 41,70 €/m<sup>2</sup>

Ei jätemaksuja.

### 3.3 US1.3

#### 3.3.1 Materiaalikustannukset

FF-PIR 150 AL K600= 54 €/m<sup>2</sup>

Luja-A levy 30,72 €/m<sup>2</sup>  
Yhteensä 84,72 €/m<sup>2</sup>

### 3.3.2 Jättekustannukset

Jättemaksut Puhas Oy jos tietoja ei ole saatavilla käytetään Itä-Suomen Murskauskeskuksen hintoja.

Kuljetusmaksu jäte-erää kohden 99,82 €, puoliperävaunu 18 m<sup>3</sup>/ 27 tn  
Punnitusmaksu 12,36 €/kerta

Jättemäärä mineraalivilla 106,57 m<sup>3</sup>\*30 kg/m<sup>3</sup>= 3197,16 kg, 3,2 t\*130 €/t= 416 €  
Kuljetukset meno 100 % ja paluu 0 % täyttöasteen osalta.  
106,57 m<sup>3</sup>/ 18 m<sup>3</sup>= 6 kertaa\* (99,82 €/krt+12,36 €/krt)= 673,08 €

**Jättemaksut ja kustannukset yhteensä 416,00 € + 673,08 € = 1089,08 €**

## 3.4 US2.1

### 3.4.1 Materiaalikustannukset

Lisäläsituksen toteuttaminen erillisellä karmilla sekä yksiläsisenä. Karkea arvio 150 €/m<sup>2</sup>.

**Yhteensä kaikkien ikkunoiden osalta; 169,36 m<sup>2</sup>\* 150 €/m<sup>2</sup>= 25 404 €**

## 3.5 US2.2 ja US2.3

### 3.5.1 Materiaalikustannukset

Kustannusarvio, karkea jos lasitus toteutettaisiin julkisivulasituksen osalta esim. MSE ikkunoilla  
1242 Ikkunat, Kiinteä kaksi- tai kolmilasinen eristyslasi- ikkuna metallikarmi.

6x21 M 453,00 €/ikkuna, yhteensä 104 kpl

15x14 M 558,00 €/ikkuna, yhteensä 13 kpl

20x14 M 603,00 €/ ikkuna, yhteensä 22 kpl sisältää 1200x2000 ja 1200x2400

**Yhteensä kaikkien ikkunoiden osalta; 104 kpl\* 453 €/kpl+13\* 558,00 €/kpl+22 kpl\* 603,00 €/kpl= 67 632,00 €**

### 3.5.2 Jättekustannukset

Jättemaksut Puhas Oy jos tietoja ei ole saatavilla käytetään Itä-Suomen Murskauskeskuksen hintoja.

Kuljetusmaksu jäte-erää kohden 99,82 €, puoliperävaunu 18 m<sup>3</sup>/ 27 tn  
Punnitusmaksu 12,36 €/kerta

HUOM! Ikkunalasit karmeineen vain vaihtoehtoissa US2.2 ja US2.3. Luokitus rakennusjäte, luokka II loppusijoitettava jäte (Itä- Suomen murskauskeskus) 240 €/t.



Jättemäärä ikkunat  $4,4 \text{ tn} * 240 \text{ €/t} = 1056 \text{ €}$

Kuljetukset meno 100 % ja paluu 0 % täyttöasteen osalta.

1 kertaa\*  $(99,82 \text{ €/krt} + 12,36 \text{ €/krt}) = 112,18 \text{ €}$  (Huom! murskattu lavalle)

**Jättemaksut ja kustannukset yhteensä  $1056 \text{ €} + 112,18 \text{ €} = 1168,18 \text{ €}$**

## 4 Sokkelit

### 4.1 SE1.1 ja SE1.2

#### 4.1.1 Materiaalikustannukset

Kustannusarvio, pelkät materiaalit

Amperla Thermo 30x600x2600, ei viistettä tai uritusta, ei takasivun uritusta  
 $63,40 \text{ €/m}^2$

Ei jätemaksuja.

## 5 Tiivistyskorjaus (TIIVI)

### 5.1. Materiaalikustannukset

Stark suomi ja K-rauta verkkokaupan hinnat

Ardex 9, pakkauskoko 20 kg. Hinta  $4,45 \text{ €/kg}$  ja  $75-89,00 \text{ €/säkki}$

Ardex 8, pakkauskoko 20 kg. Hinta  $17,95 \text{ €/kg}$  ja  $339,00- 359,00 \text{ €/säkki}$

Vahvistusnauha Ardex SK 12, rullassa 50 m. Hinta  $3,46 \text{ €/m}$  ja  $173,00 \text{ €/rulla}$ .

Metrikohtainen (jm) hinta, yhteensä

$0,75 \text{ kg} * 4,45 \text{ €/kg} + 0,75 \text{ kg} * 17,95 \text{ €/kg} + 1 \text{ m} * 3,46 \text{ €/m} = 20,26 \text{ €/jm}$

Ei jätemaksuja purkutyön osalta. Yleisinä jätekustannuksina voidaan nähdä pakkausjätteet, jotka ovat kustannusten osalta yhteisiä kaikille korjausvaihtoehdoille.

## Liite 2. Rakennustyyppikohtaiset työmenekit

Työajat yleensä T3 aikoja ja ilmoitettuna myös T4 (kertoimella huomioitu T3)  
Kaikkiin rakennusosiin huomioitu myös suojaustyö, jälkipuhdistus ja lopettavat työt.

### 6 Alapohjat

#### 6.1 API.1

Purkutyöt:

Nykyisen TB- laatan purku hl= 120 mm

-Irroitus sahaamalla (tai piikkaamalla)

-Suojaus ja osastointi. kevyet suojaseinät (runko Kerto-T 66+rakennusmuovi+  
teippaus)

Nykyisen suodatinkankaan purku

Nykyisen lämmöneristeen purku 50 mm ja reuna-alueet 100 mm. Eristetyyppi Styrox R100

Työmenekit koottuna koko rakennetyypille:

Suoritemäärän vaikutus, betonointi (m<sup>2</sup>)→ 1,0 (suoritemäärä on yli 800 m<sup>2</sup>, mutta työtä voidaan joutua tekemään osittain/ suojatiloittain)

PURKUTYÖ

2 RM→ Aloitusedellytysten varmistaminen, materiaalien vastaanotto jne. 0,01 tth/m<sup>2</sup>

2 RM→ Purkutyöt, betonilattian piikkaus ja jätteiden siivous 0,35 tth/m<sup>2</sup>

**Yhteensä 0,36 tth/m<sup>2</sup>**

**2RM→ Uuden laatan rakentaminen**

-Maanvaraisen laatan eristys 0,16 tth/m<sup>2</sup>

-Maanvaraisen laatan rauditus (3 kg/m<sup>2</sup>) 0,03 tth/ m<sup>2</sup>

-Maanvaraisen laatan valu 0,20 tth/m<sup>2</sup>

Suojaus poisto ja loppusiivous 0,01 tth/m<sup>2</sup>

**Yhteensä 0,40 tth/m<sup>2</sup>**

*Sisältyvät Ratu F13-0363 Maanvaraisen alapohjan uusiminen.*

## 6.2 AP1.2

*Sisältyvät Ratu F13-0363 Maanvaraisen alapohjan uusiminen ja sahausten osalta (valukais-  
tat) Ratu 83-0385 Roilotus ja rei'itys.*

**PURKUTYÖ.** Työryhmä: purkutyö roilotus/sahaus 2 rakennustyömiestä. Työmenekkeroin 1,2, koska tarvitaan myös lohkojen siirtoja kohteella. Siirto ulos sekä puhdistus.

2 RM → Aloitusedellytysten varmistaminen, materiaalien vastaanotto jne. 0,01 tth/m<sup>2</sup>

2 RM → Purkutyöt, betonilattian piikkaus ja jätteiden siivous 0,35 tth/m<sup>2</sup>

**Yhteensä 0,36 tth/m<sup>2</sup> x1,2= 0,432 tth/m<sup>2</sup>**

**2RM → Uuden laatan rakentaminen** maanvaraisen betonilaatan valamisessa raudoittaja (RAM)+ betonityömies (RAM)

-Maanvaraisen laatan eristys 0,16 tth/m<sup>2</sup>

-Maanvaraisen laatan raudoitus (3 kg/m<sup>2</sup>) 0,03 tth/ m<sup>2</sup>

-Maanvaraisen laatan valu 0,20 tth/m<sup>2</sup> x0,80= 0,16 tth/m<sup>2</sup>

**Uuden laatan valutyöt** → työmenekit pienempiä 0,8x valun osalta, koska pelkät saumavalut. Toisaalta nykyinen laatta asetellaan lohkoina takaisin paikalleen.

Suojaus poisto ja loppusiivous 0,01 tth/m<sup>2</sup>

**Yhteensä 0,36 tth/m<sup>2</sup>**

## 6.3 AP1.3=AP1.1 työmenekkien osalta

### 6.4 AP1.4

**Työmenekit koottuna koko rakennetyypille (tässä rakennetyypissä ei ole erittelyä purku- ja uudistyön välillä):**

Maanvaraisen tiiveyskorjaus/ epoksointi+ pinnan puhdistus sekä primerointi

2 RAM

-Aloittavat työt ja materiaalien siirrot 0,008 tth/m<sup>2</sup>

-Betonilaatan puhdistus ja hionta, Lattiapinnat (Ratu 85-0387)

-Betonilattian hionta ja imurointi 0,05 tth/m<sup>2</sup>

(ei työmenekkilisää)

Yhteensä 0,058 tth/m<sup>2</sup>

Uudistyön menekkeinä

**Ratu F13-0363 Maanvaraisen alapohjan uusiminen**

Maanvarainen TB-laatta hl=80 mm

-Maanvaraisen laatan eristys 0,16 tth/m<sup>2</sup>

-Raudoitustyö (Huom! teräskuitubetoni ei erillistä raudoitustyötä)

-Maanvaraisen laatan valu

0,20 tth/m<sup>2</sup> x 0,80 = 0,16 tth/m<sup>2</sup>

**Yhteensä 0,32 tth/m<sup>2</sup>**

Höyrynsulkukäsittely (vedeneriste) Ardex EP2000+ sirote (menekki n. 600 g/m<sup>2</sup>)

**Ratu 0433 Sisäpuolinen vedeneristys**

Työryhmä 1 rakennusammattimies (RAM) Huom! Todennäköisempää kohteen laajuudesta joh-  
tuen, että min. 2 RAM.

Aloittavat työt	0,008 tth/m <sup>2</sup>
Pohjustusaineen levitys, kaksinkertainen sively	0,013 tth/m <sup>2</sup>
Vedeneristysmassan levitys, kaksinkertainen sively	0,04 tth/m <sup>2</sup>
Vahvikenauhan asennus	0,036 tth/m <sup>2</sup>
Läpivientien määrän vaikutus	0,04 tth/kpl (läpivientien määrä 20 kpl?)
Nurkkien määrän vaikutus	0,01 tth/kpl (4+4+4+4= 16 kpl)
Liittyminen ja materiaalsiirrot työkohteesta toiseen (siirto)	0,01 tth/työkohta (oletuksena yksi pitkä siirto)
Siivous, suojaus ja jätteiden lajittelu	0,005 tth/m <sup>2</sup>

**Yhteensä 0,162 tth/m<sup>2</sup>**

**Yhteensä, kaikki 0,482 tth/m<sup>2</sup>**

## 6.5 AP1.5= AP1.4 työmenekkien osalta

## 7 Yläpohjat

### YPI.1

Ei purkutöitä.

Uudistyo Ratu 0437 lämmöneristyslevyjen asennus, yläpohja mukaan (sovelletaan FF-  
PIR GYL)

Työryhmä: 2 RAM

Lämmöneristyslevyjen asennus	
Aloittavat työt, käsinsiirrot	0,01 tth/m <sup>2</sup> /kerros
Yläpohja, alapuolelta runkorakenteen k600 väliin	0,08 tth/m <sup>2</sup> /kerros
Lopettavat työt, siivous ja jätteiden lajittelu	0,01 tth/m <sup>2</sup> /kerros
<b>Yhteensä 0,1 tth/m<sup>2</sup>/kerros (yksi kerros)</b>	

Koolaustyö, tihennetty koolausjako k400 (nykyinen k600 ja oikeasti joka toinen lisätään eli k600).  
2 RAM

Puurunkon asennus, tihennetty koolausjako	0,06 tth/m <sup>2</sup>
Siirrot, Nosturin valmistelu	16 tth/kerta (valmisteluja 1 krt ja tämä tulee kokonaismääriin)
Siirrot, nosturi nosto 2 krs	0,20 tth/ siirtokerta (siirtokerrat palkkivälikoissa 16 krt)

**Yhteensä 0,06 tth/m<sup>2</sup>+ kokonaismääriin lisättynä 16 tth+0,20 tth\*16=3,2 h**

-----  
Ratu 0427. Työryhmä: 2 RAM

**GYL ylitasoitus ja saumat** (huom! ei erillistä levytystyötä vaan pelkät tasoitukset)

Ratu 0453 Tasoitetyö

HUOM! Karkeutettu työmenekki sisältää kaikki työvaiheet. Suoritemäärän kerroin 1,0. 2 RAM

-----  
Ratu 0452: Pintakäsittely, maalaus 2- kertaan? 1 RAM

**GYL ylitasoitus ja saumat+ pintakäsittely, maalaus**

**Yhteensä 0,084 tth/m<sup>2</sup>+ 0,066 tth/m<sup>2</sup>= 0,15 tth/m<sup>2</sup>**

Yhteensä, kaikki uudistyo

**0,1 tth/m<sup>2</sup>/kerros (yksi kerros)+ 0,06 tth/m<sup>2</sup>+0,15 tth/m<sup>2</sup>= 0,31 tth/m<sup>2</sup>**

**Kokonaismääriin lisättynä 16 tth+0,20 tth\*16=16+3,2 tth=19,2 tth**

## YPI.2

Ratu 0427: 2x Koolauksen asennus+ lämmöneriste 100+100

Tavaran vastaanotto ja välivarastointi	0,04 tth/m <sup>2</sup>
Puurungon asennus	0,35 tth/m <sup>2</sup>
Alustan koolaus, yksinkertainen koolaus	0,06 tth/m <sup>2</sup>
Siirrot, Nosturin valmistelu	16 tth/kerta (valmisteluja 1 krt ja tämä tulee kokonaismääriin)

Siirrot, nosturi nosto 2 krs palkkivälissä 16 krt	0,20 tth/ siirtokerta (siirtokerrat)
Lämmöneristys, 100 mm k600	0,05 tth/m <sup>2</sup> x2
Höyrynsulku	0,02 tth/m <sup>2</sup>
Siivous ja jätteiden lajittelu, normaali	0,03 tth/m <sup>2</sup>

**Yhteensä 0,60 tth/m<sup>3</sup>+ kokonaistuntimääriin lisäksi 16 tth/kerta\*1+0,20 tth/siirto\*16= 19,2 tth**

-----

Ratu 0420- Levyrakentaminen, levytys Katon kipsilevytys	0,30 tth/m <sup>2</sup>
--	-------------------------

TL3 kertoimena 1,2. Työryhmä 2 RAM

-----

### **Ratu 0453 Tasoitetyö**

**Kipsilevy ylitasoitus ja saumaukset (huom! ei erillistä levytystyötä vaan pelkät tasoitukset)**

**Kipsilevyjen saumaus ja osittain tasoitus** **0,084 tth/m<sup>2</sup>**

HUOM! Karkeutettu työmenekki sisältää kaikki työvaiheet. Suoritemäärän kerroin 1,0. 2 RAM

-----

Ratu 0452, Pintakäsittely, maalaus 2- kertaan? 1 RAM 0,066 tth/m<sup>2</sup>

**Yhteensä kaikki, uudistyo 1,05 tth/m<sup>2</sup>+19,5 tth siirroista**

-----

## **YPI.3**

Liimapuupalkiston asennus, soveltaen yläpohjat RATU 0416

Työryhmä: 2 RAM. Suoritemääräkerroin 0,9 >800 m<sup>2</sup> ja primäärien väliin asennus voisi lisätä kerrointa.

-----

Lämmöneristeen kotelopuhallus (vaaka), työryhmä 2 RAM (Ratu 0437)

Työmenekki T3 (työaikakerroin T3 1,2 → T4)

Aloittavat työt. Puhallusvillakaluston valmistelu 1,00 tth/ 150 m<sup>2</sup>

Ontelopuhallus, yläpohja. Puhallus helppo kohde: 0,09 tth/m<sup>2</sup>

Lopettavat työt: puhallusvillakaluston purku ja siivous: 0,50 tth/m<sup>2</sup>/150 m<sup>2</sup>

Suoritemääräkerroin 1,00

Ei talvihaitta- ja lisäprosentteja

-----

Ratu 0427: 1x Koolauksen 22x125 k400 asennus+ lämmöneriste 100+100

-----

Ratu 0420- Levyrakentaminen, levytys

Katon kipsilevytys

TL3 kertoimena 1,2. Työryhmä 2 RAM

-----

### **Ratu 0453 Tasoitetyö**

**Kipsilevy ylitasoitus ja saumat (huom! ei erillistä levytystä vaan pelkät tasoitukset)**

HUOM! Karkeutettu työmenekki sisältää kaikki työvaiheet. Suoritemäärän kerroin 1,0. 2 RAM

-----

Ratu 0452, Pintakäsittely, maalaus 2- kertaan? 1 RAM

### **Koonti yläpohjan työmenekistä, uudisrakentamiseen verrattava osuus**

Tavaran vastaanotto ja välivarastointi	0,04 tth/m <sup>2</sup>
Liimapuupalkiston asennus, soveltaen yläpohjat RATU 0416	0,54 tth/ pohja- m <sup>2</sup>

Aloittavat työt. Puhallusvillakaluston valmistelu 1,00 tth/ 150 m<sup>2</sup>= 1,0 tth\* (1461/150)= 9,74 tth

Ontelopuhallus, yläpohja. Puhallus helppo kohde: 0,09 tth/m<sup>2</sup>

Lopettavat työt: puhallusvillakaluston purku ja siivous: 0,50 tth/m<sup>2</sup>/150 m<sup>2</sup>= 0,5\*9,74= **4,87 tth**

Ei talvihaitta- ja lisäprosentteja

Alustan koolaus, yksinkertainen koolaus	0,06 tth/m <sup>2</sup>
Siirrot, Nosturin valmistelu	16 tth/kerta (valmisteluja 1 krt ja tämä tulee kokonaismääriin)= 16 tth
Siirrot, nosturi nosto 2 krs	0,20 tth/ siirtokerta (siirtokerrat palkkivälikoissa 16 krt)= 3,2 tth
Höyrinsulku	0,02 tth/m <sup>2</sup>
Ratu 0420- Levyrakentaminen, levytys	0,30 tth/m <sup>2</sup>
<b>Ratu 0453 Tasoitetyö</b>	<b>0,084 tth/m<sup>2</sup></b>
Ratu 0452, Pintakäsittely, maalaus 2- kertaan? 1 RAM	0,066 tth/m <sup>2</sup>
Siivous ja jätteiden lajittelu, normaali	0,03 tth/m <sup>2</sup>

**Yhteensä kaikki 0,04+0,54+ 0,09+0,06+0,02+0,3+0,084+0,066+0,03= 1,23 tth + kokonaismääriin 4,87 tth+9,74 tth+ 16+3,2= 33,81 (siirrot, valmistelut ym.)**

## 7.4 YP1.4 = YP1.3

## 8 Ulkoseinät

### 8.1 US1.1 oletuksena, että ei tehdä pintojen puhdistuksia ennen GYL asennusta

Lämmöneristys 0,05 tth/m<sup>2</sup>

**GYL ylitasoitus ja saumat (huom! ei erillistä levytystyötä vaan pelkät tasoitukset)**

**Ratu 0453 Tasoitetyö**

HUOM! Karkeutettu työmenekki sisältää kaikki työvaiheet. Suoritemäärän kerroin 1,0. 2 RAM

-----  
Ratu 0452: Pintakäsittely, maalaus 2- kertaan? 1 RAM

Nosturityöt lisättävä myös näihin eli kokonaismääriin 19,2 tth

**Yhteensä, kaikki**                    **0,05+0,084+0,064= 0,158 tth**

### 8.2 US1.2

Oletuksena, että ei tehdä pintojen puhdistuksia sisällä. Nykyisen profiilipellin pesu/irroitus+ uudet koolaukset/tuuletusrima 25x100 ja eriste

-----  
Työryhmä: 2 RAM

Profiilipellin irroitus

Nykyisen tuuletusriman poisto

Lisälämmöneristysten asennus rankarunkon päälle

Uudistyö Ratu 0437 lämmöneristyslevyjen asennus, yläpohja mukaan (Sovelletaan FF-PIR GYL)

**Työryhmä: 2 RAM**

Uuden tuuletusriman/koolauksen asennus, Koolaus 25x100 k600

Nykyisen profiilipellin uudelleenasetus

RATU F41-0352

Purkutyöt                                    0,005 tth/m<sup>2</sup>

Peltikatteen purku                        0,1 tth/m<sup>2</sup>

aluslaudoituksen purku                 0,05 tth/m<sup>2</sup>

Yhteensä, purkutyö                        0,005+0,1+0,05= 0,155 tth/m<sup>2</sup>



## Uudistyö

Profiilipellin puhdistus ja maalaus (sov. RATU F41-0361), kokonaistyömenekki

-Aloitusedellytysten varmistaminen	0,01 tth/m <sup>2</sup>
-Esikäsitteily, normaali	0,05 tth/m <sup>2</sup>
-Maalauksikäsitteily, normaali	0,10 tth/m <sup>2</sup>
-Lopettavat työt	0,01 tth/m <sup>2</sup>

Lämmöneristyslevyjen asennus

Aloittavat työt, käsinsiirrot 0,01 tth/m<sup>2</sup>/ kerros (yksi kerros)

Seinät tuulensuojalevytyksen asennus ja saumojen teippaus 0,05 tth/m<sup>2</sup>

Lopettavat työt siivous ja jätteiden asennus 0,01 tth/m<sup>2</sup>

Profiilipellin asennus, aloittavat työt, mittaus, koolaus, vaakaverhous, ei sisällä siirtoja (karkeutettu työmenekki) 0,7 tth/m<sup>2</sup>

**Yhteensä, uudistyö 0,01+0,05+0,10+0,01+0,01+0,05+0,01+0,7= 0,94 tth/m<sup>2</sup>**

## 8.3 US1.3

Oletuksena, että nykyinen palo-ilves puretaan tai hävitetään

Suojaustyö/seinät

Sisäpuolisen Palo-Ilveksen purku, Uuden Luja-A levytyksen asentaminen

Saumatasoitus

Nykyisen lämmöneristeen purku koolausvälistä, soveltaen uudistyömenekki \*1,5

Uuden lämmöneristeen asennus (levy)+ saumaus PU- vahto

Levytys ja Maalaus x2

Ratu 0420- Levyrakentaminen, levytys

Seinä kipsilevytys

TL3 kertoimena 1,2. Työryhmä 2 RAM

-----

### Ratu 0453 Tasoitetyö

**Kipsilevy ylitasoitus ja saumaukset (huom! ei erillistä levytystyötä vaan pelkät tasoitukset)**

HUOM! Karkeutettu työmenekki sisältää kaikki työvaiheet. Suoritemäärän kerroin 1,0. 2 RAM

-----

Ratu 0452, Pintakäsittely, maalaus 2- kertaan? 1 RAM

Purkutyö

-Seinän levytyksen purku (karkeutettu), RATU 0468 0,23 tth/m<sup>2</sup>

-Lämmöneristeen purku (sov. uudistyömenekki\*1,5) 0,07 tth/m<sup>2</sup>\*1,5=0,105 tth/ m<sup>2</sup>

**Yhteensä, purkutyö 0,23+0,07= 0,3 tth/m<sup>2</sup>**

## Uudistyö

- Uuden lämmöneristeen asennus (levy)+ saumaus PU-vaaho, RATU 0437	0,07 tth/m <sup>2</sup>
- Seinä kipsilevytys, Ratu 0420- Levyrakentaminen, levytys	0,26 tth/m <sup>2</sup>
- Ratu 0453 Tasoitetyö	0,084 tth/m <sup>2</sup>
- Ratu 0452, Pintakäsittely, maalaus 2- kertaan? 1 RAM	0,064 tth/m <sup>2</sup>
<b>Yhteensä, uudistyö</b>	<b>0,26+0,084+0,064=0,408</b>

## 8.4 US2.1

Nykyiseen karmiin uuden lisälasin jysintä tai sisäpuolinen lisäpuite lasilla

Suojaustyö/seinät

Karmin puhdistustyö

Karmin jysintä uuden lasin asennus+ listat TAI sisäpökan jysintä syvemmäksi ja uusi kaksinkertainen eristyslasi

Soveltaen uudis- ja korjauskohteen työmenekit huomioiden työaikakertoimet.

## 8.5 US2.2 ja US2.3

Ratu F32-0350 IKKUNAN PURKU JA UUSIMINEN

Ikkunoiden purkamisen ja uusimisen työryhmä on 2 kirvesmiestä (2 RAM) ja listoituksen työryhmä on 1 sisustuskirvesmies (1 RAM).

Karkeutettu työmenekki 3,5 tth/ ikkuna

## 9 Sokkelit

### 9.1 SE1.1 ja SE1.2

Ratu F31-0359

Työryhmä: Aloittavat ja lopettavat työt kaksi rakennusammattimiestä (2 RAM). Raudoituksen paljastus, käsittely, paikkaus yksi rakennusammattimies (1 RAM). Betonipinnan poisto, puhdistus, tasoitus ja pintakäsittely käsityönä kaksi rakennusammattimiestä (2 RAM), tasoitus ja pintakäsittely ruiskulla kolme rakennusammattimiestä (3 RAM).

Nykyisen pinnoitteen sementtiliiman hionta.

Webervetonit 410 Ohutrappauslaastilla tai weber rex fix Saneerauslaastilla sekä asennusta helpottavilla 135 mm pitkällä weber H1 eco -kiinnikkeillä, 1 - 2 kpl / per levy maanpäälliseltä osalta. Amperla Thermo levyillä ei tehdä erillistä pinnoitusta, mutta jos käytetään Finnfoam CW-300 niin rappaus/rouhepinta.

-----

SE1.2 sementtiliiman poisto ja uuden eristelevyn asennus+ saumatasoitus+ 2x maalaus

### **GYL ylitasoitus ja saumaukset (Huom! ei erillistä levytystyötä vaan pelkät tasoitukset)**

#### **Ratu 0453 Tasoitetyö**

HUOM! Karkeutettu työmenekki sisältää kaikki työvaiheet. Suoritemäärän kerroin 1,0. 2 RAM

Ratu 0452: Pintakäsittely, maalaus 2- kertaan? 1 RAM

#### **Ratu F31-0359**

-Ikkunoiden suojaus muovilla, suojausten poisto ja siivous	0,02 tth/seinä-m2
-Piha-alueen suojaus ja suojausten poisto	0,10 tth/jm
-Märkähiekkapuhallus sis. kuljetuksen jätelavalle, helppo	0,08 tth/m2
-Työnaikainen siivous	0,02 tth/ seinä-m2
Ikkunoiden pesu	0,07 tth/ikk
Loppusiivous	0,02 tth/seinä-m2

**Yhteensä, purkutyö = 0,31 tth/m2**

#### **Uudistyo**

- RATU 0437 Eristystyo (yleensä sokkeli)	0,07 tth/m2
- Ratu 0453 Tasoitetyo	0,084 tth/m2
-Ratu 0452, Pintakäsittely, maalaus 2- kertaan? 1 RAM	0,064 tth/m2

**Yhteensä, uudistyo 0,07+0,084+0,064=0,408**

