Isokuusen päiväkoti ja koulu -hankkeen elinkaaren hiilijalanjälki ja kustannukset

Elinkaaren hiilijalanjäljen ja kustannusten arviointi

TILAAJA

Tampereen kaupunki

ARVIOIJA

Sara Ollilainen / Tytti Bruce-Hyrkäs / Panu Pasanen

PÄIVÄMÄÄRÄ

05.06.2020

POWERED BY One Click LCA © BIONOVA LTD

Sisällys

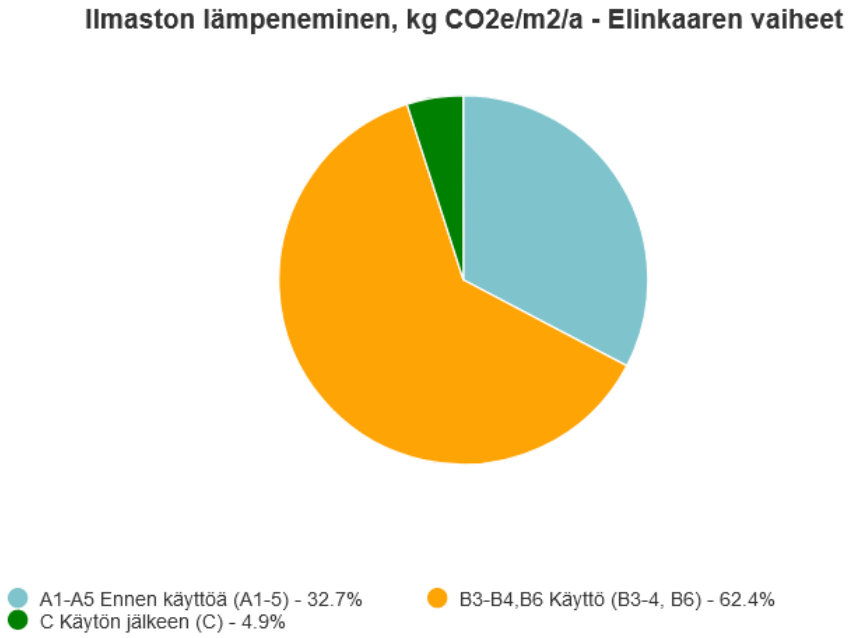
1. Yhteenveto ... 4
2. Arvioinnin tausta ja rakennuksen kuvaus ... 5
2.1 Yksittäisten rakenne- ja energiaratkaisujen vertailut ... 5
3. Elinkaariarvioinnin arviointimenetelmä, elinkaaren vaiheet ja järjestelmärajat ... 6
3.1 Elinkaaren hiilijalanjäljen laskenta ... 7
3.2 Elinkaarikustannusten laskenta ... 7
4. Rakenteiden ja energiaratkaisuiden vertailu ... 8
4.1 Perustamisolosuhteet ... 9
4.1.1 Lähtötiedot ja oletukset ... 9
4.1.2 Arviointitulokset ... 10
4.1.3 Elinkaarikustannukset ... 11
4.2 Alapohjarakenne ... 13
4.2.1 Lähtötiedot ja oletukset ... 13
4.2.2 Arviointitulokset ... 14
4.2.3 Elinkaarikustannukset ... 14
4.3 Julkisivun pintamateriaalit ... 16
4.3.1 Lähtötiedot ja oletukset ... 16
4.3.2 Arviointitulokset ... 17
4.3.3 Elinkaarikustannukset ... 17
4.4 Ulkoseinä ... 19
4.4.1 Lähtötiedot ja oletukset ... 19
4.4.2 Arviointitulokset ... 20
4.4.3 Elinkaarikustannukset ... 21
4.5 Runkorakenne ... 22
4.5.1 Lähtötiedot ja oletukset ... 22
4.5.2 Arviointitulokset ... 23
4.5.3 Elinkaarikustannukset ... 24
4.6 Yläpohjarakenne ... 26
4.6.1 Lähtötiedot ja oletukset ... 26
4.6.2 Arviointitulokset ... 26
4.6.3 Elinkaarikustannukset ... 27
4.7 Kevyet väliseinärakenteet ... 28

4.7.1 Lähtötiedot ja oletukset 29
4.7.2 Arviointitulokset 29
4.7.3 Elinkaarikustannukset 30
4.8 Energiatehokkuus 32
4.8.1 Lähtötiedot ja oletukset 32
4.8.2 Arviointitulokset 32
4.8.3 Elinkaarikustannukset 33
4.9 Aurinkoenergia 34
4.9.1 Lähtötiedot ja oletukset 34
4.9.2 Arviointitulokset 34
4.9.3 Elinkaarikustannukset 35
5. Rakennevertailun tulokset rakennuksen tasolla 36
6. Rakennustason vertailu 38
6.1 Rakennustason hiilijalanjälkivertailu 38
6.2 Rakennustason elinkaarikustannusvertailu 39
Liite 1: Rakennevertailun rakennetyypit 40
Liite 2: Rakenneosien määriä ja alustavia yksikkökustannuksia 48

1. Yhteenveto

Työn tavoitteena on arvioida Isokuusen päiväkoti- ja kouluhankkeen elinkaaren hiilijalanjälkeä, sekä elinkaarikustannusten ratkaisuvaihtoehtoja. Analyysissä vertaillaan eri rakenteiden ja rakennevaihtoehtojen hiilijalanjälkeä ja kustannuksia 50 vuoden elinkaarella. Rakenteiden osalta vertailtiin materiaalien, kuljetuksen, osien vaihdon, sekä ulkoisten vaikutusten CO2-ekvivalenttia neliötä kohden. Energiankulutusta ei otettu rakenteiden osalta huomioon, muuten kuin ulkoseinän osalta, sillä työssä haluttiin vertailtavan massiiviulkoseinää, jonka lämpöhäviö heikomman U-arvon vuoksi on muita ulkoseinäratkaisuja suurempi. Arviointijakso on 50 vuotta.

Alla oleva kuva havainnollistaa koko rakennuksen elinkaaren eri vaiheiden merkitystä rakennuksen hiilijalanjälkeen. Kuvasta nähdään, että Isokuusen hankkeessa suurin osa (n. 62%) päästöistä tulee elinkaaren käytön aikana.



2. Arvioinnin tausta ja rakennuksen kuvaus

Hankkeessa tutkittiin elinkaaren hiilijalanjäljen ja elinkaarikustannusten kannalta keskeisiä ratkaisuvaihtoehtoja rakennekohtaisesti, sekä koko rakennuksen tasolla. Työssä analysoidaan sitä, mitkä tekijät vaikuttavat elinkaaren hiilijalanjälkeen ja elinkaarikustannuksiin kunnallisissa rakennushankkeissa ja tarkoituksena on saada tietoa hankkeen jatkokehitystä varten sekä tulevaisuuden hankkeiden ohjausta varten.

Tuloksissa esitetään vertailut sekä koko elinkaaren (ml. energia) että materiaalien päästöt EN 15978 ja Ympäristöministeriön Rakennusten hiilijalanjäljen arviointimenetelmän (Ympäristöministeriö, 30.8.2019) mukaisesti. Tuloksissa esitetään myös rakennuksen koko elinkaaren kustannukset ISO 15686-5 & EN 16627 sekä GBC Finlandin rakennusten elinkaarimittarit -ohjeen mukaisesti sekä YM:n Vähähiilisen rakentamisen hankintakriteerien mukaan sisältäen investointikustannukset, käyttövaiheen sekä purkamisen kustannukset. Tulokset dokumentoitiin elinkaariarviointiraportiksi.

Tutkimus suoritettiin One Click LCA -laskentapalvelulla, joka on verifioitu EN 15 978 ja EN 15 804 standardeja vasten riippumattoman osapuolen toimesta. Palvelu pitää sisällään kaikki Eurooppalaiset EPD-tietokannat.

2.1 Yksittäisten rakenne- ja energiaratkaisujen vertailut

Tutkimuksessa mallinnettiin vaihtoehdot erilaisille perustamisvaihtoehdoille, alapohjarakenteille, runkorakenteille, julkisivuvaihtoehdoille, yläpohjarakenteille, kevyille väliseinärakenteille, sekä energiaratkaisuille. Vertailuissa käytettiin Isokuusen, sekä vastaavan kohteen Pellervon rakennekuvauksia.

3. Elinkaariarvioinnin arviointimenetelmä, elinkaaren vaiheet ja järjestelmärajat

Arviointi suoritettiin erikseen sekä rakennetasolle, jolloin käytön energiaa ja työmaatoimintoja huomioitiin vain silloin, kun se oli vertailulle relevanttia, sekä koko rakennuksen tasolle, jolloin myös käyttövaiheen energiankulutus ja rakentamisvaiheen työmaatoiminnot huomioitiin arvioinnissa. Elinkaaren ulkopuolisia vaikutuksia (D moduuli), kuten biogeenistä hiiltä ja uudelleenkäyttöä, ei oteta huomioon. Arviointiin sisällytettiin EN 15804:2012 mukaisesti elinkaaren vaiheet, jotka on esitetty alla olevissa taulukoissa. Taulukoissa on esitetty laskennassa huomioitavat vaiheet sekä elinkaaren hiilijalanjäljen (ylempi rivi), että elinkaarikustannusten osalta (alempi rivi). KIRJOITA UUSI SARAKE SELITTÄMÄÄN LCC/CO2

	Tuo-te-vaihe	**Rakentamisvaihe**				**Käyttövaihe**							**Rakennuksen pur-kuvaihe**				**Elinkaaren ul-kopuoliset vaikutukset**		
	Raaka-aineiden hankinta	Kuljetus valmistukseen	Valmistus	Kuljetukset työmaalle	Työmaatoiminnot	Käyttö	Kunnossapito	Korjaus	Rakennusosien vaihto	Laajamittaiset korjaukset	Energian käyttö	Veden käyttö	Purkaminen	Purkuvaiheen kuljetukset	Purkujätteen käsittely	Purkujätteen loppusijoitus	Uudelleenkäyttö	Hyödyntäminen	Kierrätys
	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D	D	D
LCA	x	x			(x)				x		(x)		x						
LCC	x	x			x				x	x	(x)		x						

Rakenteiden arvioinnissa käytetyt elinkaaren vaiheet

	Tuotevaihe			**Rakenta-misvaihe**		**Käyttövaihe**							**Rakennuksen pur-kuvaihe**				**Elinkaaren ul-kopuoliset vaikutukset**		
	Raaka-aineiden hankinta	Kuljetus valmistukseen	Valmistus	Kuljetukset työmaalle	Työmaatoiminnot	Käyttö	Kunnossapito	Korjaus	Rakennusosien vaihto	Laajamittaiset korjaukset	Energian käyttö	Veden käyttö	Purkaminen	Purkuvaiheen kuljetukset	Purkujätteen käsittely	Purkujätteen loppusijoitus	Uudelleenkäyttö	Hyödyntäminen	Kierrätys
	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D	D	D
LCA	x			x	**x**			x			**x**		x						
LCC	x			x	**x**	x	x			x	**x**		x						

Rakennustason arvioinnissa käytetyt elinkaaren vaiheet

3.1 Elinkaaren hiilijalanjäljen laskenta

Arviointi kohdistui Ilmastonmuutos (hiilijalanjälki) – ympäristövaikutusluokkaan EN 15978 mukaisesti.

Ympäristövaikutusluokka	Yksikkö	Kuvaus
Ilmastonmuutos (hiilijalanjälki), GWP	$kgCO_2$ ekv.	Kuvaa muutoksia paikallisissa, alueellisissa tai globaaleissa lämpötiloissa, jotka aiheutuvat lisääntyneestä kasvihuonekaasupitoisuudesta ilmakehässä. Fossiilisten polttoaineiden palamisen aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt vaikuttavat vahvasti myös kahden muun vaikutusluokan kanssa: happamoituminen ja valokemiallinen otsonin muodostuminen.

Taulukko 3: Arvioitu ympäristövaikutusluokka

Arvioinnissa käytettiin One Click LCA:n LCA EN-15978 -työkalua. Työkalu tukee CML (2002 - Marraskuu 2012 tai uudempi) -metodologiaa ja kaikkia arvioituja vaikutusluokkia. Kaikki työkalun datasetit noudattavat EN 15804 -standardia. Arvioinnissa hyödynnettiin mahdollisimman pitkälle materiaalien ja tuotteiden ympäristöselosteita sekä suoritustasoilmoituksia. Kun tarkkoja arvoja ei ollut saatavilla hyödynnettiin keskimääräisiä tietoja.

3.2 Elinkaarikustannusten laskenta

Elinkaarikustannuksilla mitataan rakennuksen aiheuttamia kustannuksia elinkaaren alusta loppuun ja eri aikoina syntyneet kustannukset jaksotetaan rakennuksen koko elinkaarelle. Kustannukset yhteismitallistetaan diskonttaamalla tulevat kustannukset vastaamaan niiden nettonykyarvoa. Käytetyn mittarin taustalla on eurooppalaisen CEN/TC 350:n puitestandardi EN 15643-4.

Rakennekohtaisessa arvioinnissa käytettiin RT-kustannuslaskentaohjelman kustannustietoja materiaalien, työn hinnan ja vaihtojen osalta. Energian hinnan pohjana käytettiin Tampereen sähkön ja kaukolämmön nykyistä hintaa.

Rakennustason osalta työssä käytettiin Isokuusen alustavia investointilaskelmia, sekä vastaavanlaisten koulu- päiväkotikohteiden ylläpitokustannuksia. Arvioinnissa käytettiin suositusten mukaista 3% diskonttokorkoa. Laskennassa on käytetty inflaationa 1% ja energianhinnan nousuennusteessa 0%. Kaikki hinnat ovat arvonlisäverottomia.

4. Rakenteiden ja energiaratkaisuiden vertailu

Hankkeessa mallinnettiin One Click LCA:lla erilaiset julkisivu-, yläpohja-, alapohja-, ulkoseinä-, välipohja- ja väliseinäratkaisut. Rakenteiden pohjana käytettiin rakennetyyppikuvauksia, vastaavanlaisten kohteiden rakennekuvauksia, sekä tyypillisimpiä suomalaisia rakenteita. Materiaalit valittiin tyypillisten suomalaisten tuotteiden keskiarvomateriaaleista, sekä tyypillisten toimittajien materiaaleista. Kaikki esitetyt arviointitulokset on laskettu yhtä neliötä kohden.

Alla olevassa taulukossa on esitetty tässä hankkeessa elinkaaren hiilijalanjäljen analysoinnissa käytettyjen tietojen lähteet.

Analyysin vaihe	Tiedon lähteet
Materiaalien määrät (A1-A3)	Rakenteiden tiedot perustuvat rakennetyyppikuviin (Liite 1). Materiaalien päästötiedot perustuvat One Click LCA -tietokannan tietoihin, jotka edustavat joko materiaalikohtaisia EN 15804 standardin mukaisia ympäristöselosteita (EPD) tai keskimääräisiä Suomen olosuhteissa tyypillisiä rakennusmateriaaleja.
Rakennusmateriaalien kuljetusetäisyydet (A4)	Kuljetusetäisyydet, kalusto ja kilometrikohtaiset päästöt perustuvat One Click LCA-työkalun keskiarvotietoihin.
Työmaatoiminnot (A5)	Huomioitu rakennevertailussa vain kustannusten osalta.

Materiaalien käyttöiät (B3-B4)	Koko rakennuksen käyttöiäksi arvioitiin standardikäyttöikä 50 vuotta. Tänä aikana tapahtuvat osien vaihdot ja huollot:
	• Yläpohja ja katto
	  ○ Kaksikerroksinen bitumikate – käyttöikä 30 vuotta (Puu, Betoni)
	• Ulkoseinä ja julkisivu
	  ○ Pintakäsittely vesiohenteiset ulkomaalit – käyttöikä 15 vuotta (Puu, Betoni)
	  ○ Puujulkisivun lautaverhous ja koolaus – käyttöikä 50 vuotta (Puu)
	  ○ Tiilijulkisivun saumakorjaus noin 20 % 25 vuoden välein (Betoni)
	  ○ Höyrynsulkumembraani – käyttöikä 30 vuotta (Puu)
	
	Materiaalin käyttöikätieto perustuu RT-kortin 10922 keskimääräisiin käyttöikiin tavanomaisella rasituksella.

Energiankulutus (B6)	Energiankulutus huomioitiin rakennekohtaisissa tarkasteluissa vain ulkoseinien osalta, jossa CLT-ulkoseinän U-arvo ja ilmanpitävyys arvioitiin huomattavasti heikommaksi kuin vertailurakenteissa. Muiden rakenteiden osalta energiankulutusta ei huomioitu ja rakenteiden U-arvot ja ilmapitävyys oletettiin vastaaviksi. Energiankulutus on laskettu YM:n energiatehokkuusasetuksen mukaisesti.
Elinkaaren loppu (C1-C4)	One Click LCA oletusskenaariot materiaalien uudelleenkäytölle ja kierrätyshyödyille.

Elinkaaren hiilijalanjäljen analysoinnissa käytettävien tietojen lähteet

Alla olevassa taulukossa on kerrottu tämän hankkeen elinkaarikustannusten analysoinnissa käytettyjen tietojen lähteet.

Analyysin vaihe	Tiedon lähteet
Rakentaminen ja materiaalit (A1-A5)	Rakenteiden määrätiedot perustuvat rakennetyyppikuviin (Liite 1). Materiaalien kustannustiedot perustuvat RT-kustannuslaskennan kustannustietoihin. Rakenteiden hintavertailussa huomioitiin materiaalien ja asennustyön kustannukset.

Materiaalien käyttö- ja huoltokustannukset (B1-B3)	Huomioitu vain koko rakennuksen tasolla perustuen Tampereen kaupungin vastaavien kohteiden käyttö- ja huoltokustannuksiin. Koko rakennuksen käyttöiäksi arvioitiin standardikäyttöikä 50 vuotta.

Osien vaihto (B4-B5)	Koko rakennuksen käyttöiäksi arvioitiin standardikäyttöikä 50 vuotta. Tänä aikana tapahtuvat osien vaihdot ja huollot:
	• Yläpohja ja katto
	  ○ Kaksikerroksinen bitumikate – käyttöikä 30 vuotta (Puu, Betoni)
	• Ulkoseinä ja julkisivu
	  ○ Pintakäsittely vesiohenteiset ulkomaalit – käyttöikä 15 vuotta (Puu, Betoni)
	  ○ Puujulkisivun lautaverhous ja koolaus – käyttöikä 50 vuotta (Puu)
	  ○ Tiilijulkisivun saumakorjaus noin 20 % 25 vuoden välein (Betoni)
	  ○ Höyrynsulkumembraani – käyttöikä 30 vuotta (Puu)
	
	Materiaalin käyttöikätieto perustuu RT-kortin 10922 keskimääräisiin käyttöikiin tavanomaisella rasituksella.
	
	Vaihtojen kustannukset perustuvat RT-kustannuslaskentaohjelman kustannustietoihin.

Energiankulutus (B6)	Energiankulutus huomioitiin rakennekohtaisissa tarkasteluissa vain ulkoseinien osalta, jossa CLT-ulkoseinän U-arvo ja ilmanpitävyys arvioitiin huomattavasti heikommaksi kuin vertailurakenteissa. Muiden rakenteiden osalta energiankulutusta ei huomioitu ja rakenteiden U-arvot ja ilmapitävyys oletettiin vastaaviksi. Energiankulutus on laskettu YM:n energiatehokkuusasetuksen mukaisesti. Kustannustiedot perustuvat Tampereen sähkön ja kaukolämmön hintaan.
Elinkaaren loppu (C1-C4)	One Click LCA oletusskenaariot materiaalien purkukustannuksista.

Taulukko 5: Elinkaarikustannusten analysoinnissa käytettävien tietojen lähteet

4.1 Perustamisolosuhteet

Perustamisolosuhteiden osalta vertailtiin louhintaa noin (1) metrin syvyyteen, maanvaraista perustamista perusmassanvaihdolla (1 m), sekä paalutusta 10 metrin paalupituudella. Laskelmia varten paalutuksen esimerkkikohteena käytettiin verrokkikohde Pellervoa, jonka paalupituus vaihteli 4-10 metrin välillä. Vaikka arvioinnissa otettiin huomioon maansiirtojen, sekä louhinnan aiheuttama polttoaineenkulutus, ei paalutuksen osalta kuitenkaan otettu huomioon paalutuskoneiden polttoainekulutusta.

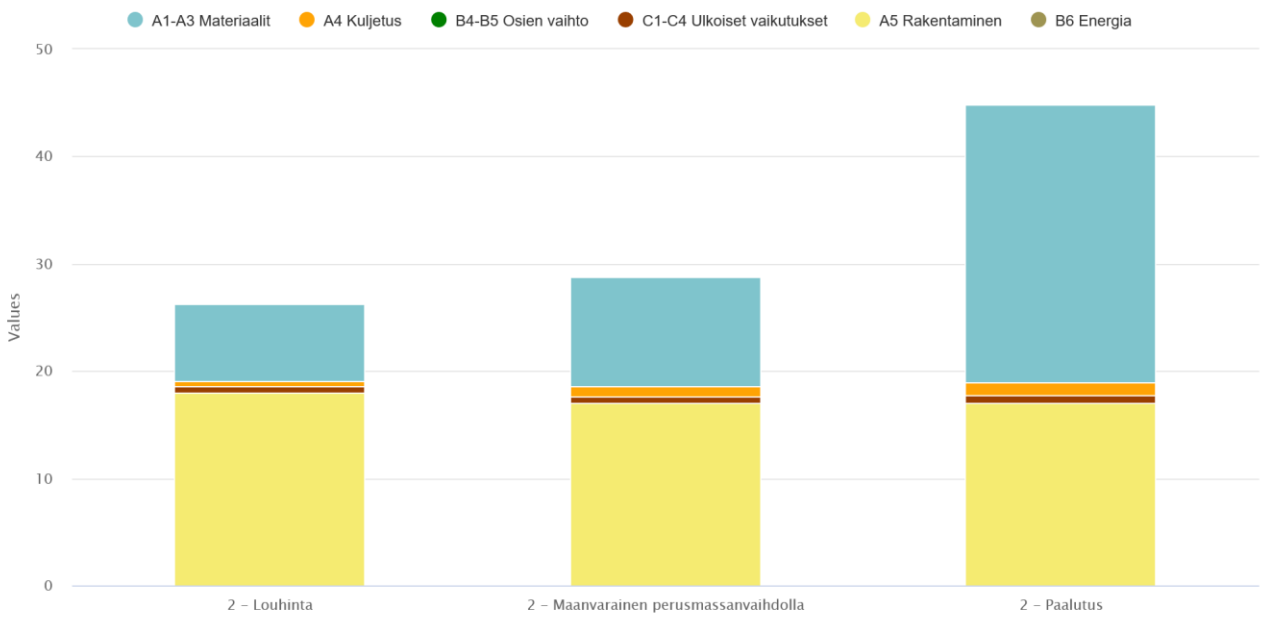
Perustamisolosuhteiden vertailussa kaikkien vaihtoehtojen päästöihin laskettiin mukaan myös anturat. Paalutuksen osalta materiaaleihin laskettiin mukaan myös paalut. Pellervon suunnitteludokumenttien perusteella kaivun syvyydeksi arvioitiin noin 1m. Tiedot massojen kuljetusetäisyyksistä, sekä koneiden polttoainekulutuksista on saatu sähköpostikeskustelussa Matti Pokkisen (Tampereen kaupunki) kanssa.

4.1.1 Lähtötiedot ja oletukset

	Materiaalit	Päästötiedon lähteet	Huomiot
Louhinta	Anturaperustus, jossa valmisbetoni ja betoniraudoitus, Louhinnan polttoainekulutus Maa-aineksen poisvienti	Keskimääräistä edustavat tyypilliset tuotteet: Keskimääräinen valmisbetoni C30/37 0% kierrätettyjä sementin seosaineita, keskimääräinen betoniraudoitus 90 % kierrätetty 40kg/m3 (One Click LCA), louhinnan polttoainekulutus 0,2-0,3 litraa/m3ktr (Matti Pokkinen), maa-aineksen keskimääräinen kuljetusetäisyys 8km (Matti Pokkinen)	Ei vaihdettavia osia
Maanvarainen perustaminen perusmassanvaihdolla	Anturaperustus, jossa valmisbetoni ja betoniraudoitus Sepeli, Maa-aineksen poisvienti	Keskimääräistä edustavat tyypilliset tuotteet: Keskimääräinen valmisbetoni C30/37 0% kierrätettyjä sementin seosaineita, keskimääräinen betoniraudoitus 90 % kierrätetty 40kg/m3 (One Click LCA), maa-aineksen keskimääräinen kuljetusetäisyys 8km (Matti Pokkinen)	Ei vaihdettavia osia
Paalutus (ja massanvaihto)	300x300 teräsbetonipaalu, anturaperustus, jossa valmisbetoni ja raudoitus sepeli, maa-aineksen pois vienti,	Keskimääräistä edustavat tyypilliset tuotteet: 300x300 teräsbetonipaalu (225kg/m), keskimääräinen valmisbetoni C30/37 0% kierrätettyjä sementin seosaineita, keskimääräinen betoniraudoitus 90% kierrätetty 40kg/m3, sepeli (One Click LCA), maa-aineksen keskimääräinen kuljetusetäisyys Tampereella 8km (Matti Pokkinen)	Ei vaihdettavia osia, Paalutuskoneiden polttoaineen kulutusta ei ole huomioitu laskelmissa

4.1.2 Arviointitulokset

	Louhinta	Maanvarainen perustaminen	Paalutus
Elinkaaren vaihe	kgCO2e/m2	kgCO2e/m2	kgCO2e/m2
A1-A3 – Materiaalit	7	10	26
A4 – Kuljetus	0,5	1	1
A5 - Rakentaminen	18	17	17
C1-C4 – Elinkaaren loppu	0,5	0,5	0,5
Koko elinkaari	26	28,5	44,5



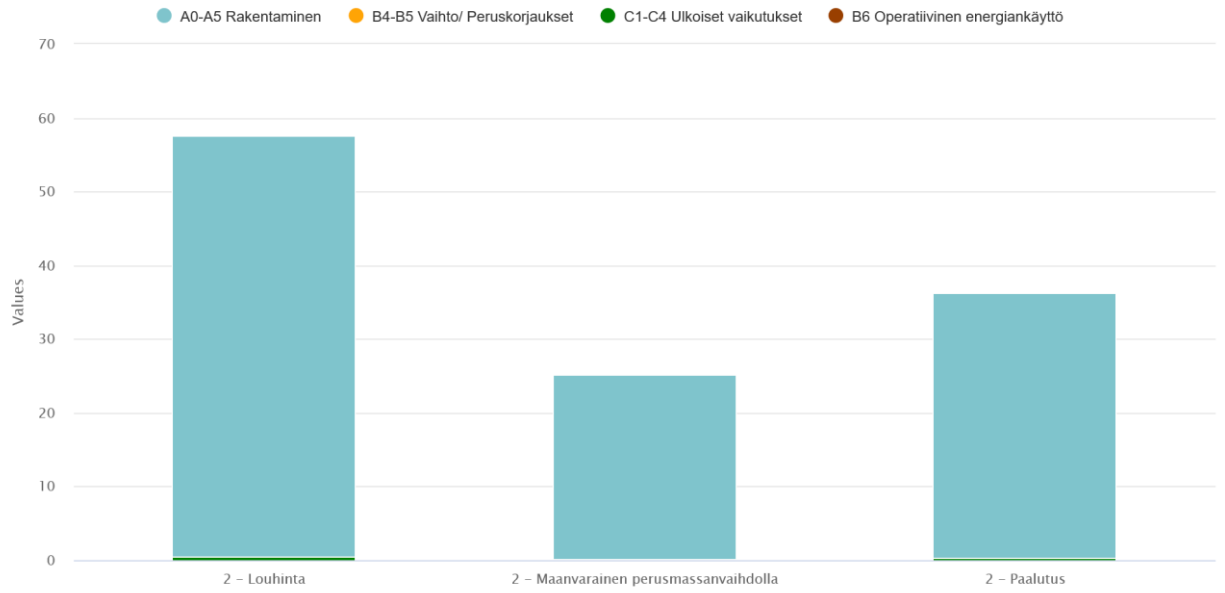
Elinkaaren hiilijalanjälki 50 vuoden elinkaarella kgCO2e/rakenne-m2/vuosi

- Suurimmat päästöt materiaalien osalta syntyvät paalutuksesta suuremmasta materiaalien kulutuksesta.
- A4 – Kuljetus sisältää vain uusien materiaalien kuljetuksen tontille.
- Rakentamisen vaikutuksissa näkyy ennen kaikkea massojen poiskuljetus tontilta, vaihdettava ja louhittava massa on oletettu yhtä suuriksi
- Louhinnan käyttämä energiankulutus on kuljetuksiin verrattuna merkityksettömän pieni.
- Paalutuskoneen energiankulutusta ei ole huomioitu, mutta myös vaikutus tuloksiin voidaan olettaa merkityksettömän pieneksi.

4.1.3 Elinkaarikustannukset

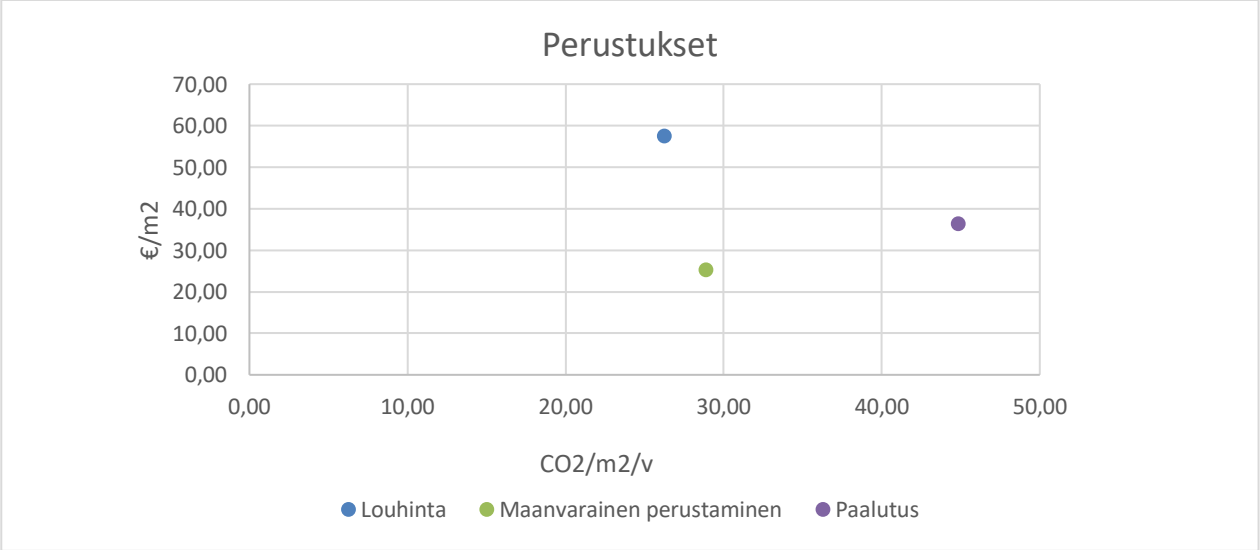
	Kustannustietojen oletukset & lähteet	**Investointi-kustannus (€/m2)**
Louhinta	Louhintatyön hinta ja anturat (RT-kustannuslaskenta, keskimääräistä edustavat materiaalit), elinkaaren loppu (One Click LCA)	58
Maanvarainen perustaminen perusmassanvaihdolla	Sepelin hinta ja kuljetus, anturat ja pintamaan poisto (RT-kustannuslaskelma, keskimääräistä edustavat materiaalit), elinkaaren loppu (One Click LCA)	26
Paalutus (ja massanvaihto)	Paalutus, anturat, sepelin hinta ja kuljetus, pintamaan poisto (RT-kustannuslaskenta, keskimääräistä edustavat materiaalit, elinkaaren loppua (One Click LCA)	37

	Louhinta	Maanvarainen perustaminen	Paalutus
Elinkaaren vaihe	€/m2	€/m2	€/m2
A1-A5 Materiaali, kuljetus ja rakentaminen	57,00	25,00	36,00
B3-B4 Huoltotyöt ja vaihto	0,00	0,00	0,00
C1-C4 Elinkaaren loppu	1,00	0,5	0,5
Kustannukset yhteensä	58	25,5	36,5



Elinkaarikustannukset 50 vuoden elinkaarella €/m2

- Louhintakoneen käyttö ja louhinnan kustannukset nostavat louhinnan hintaa muita korkeammaksi.
- Rakentamisvaiheen energiakustannusten on oletettu olevan mukana työkustannuksissa eikä niitä ole huomioitu erikseen.



Rakennevaihtoehtojen kustannus/päästö -vertailu

4.2 Alapohjarakenne

Maanvaraisen betonirakenteisen ja vihreän betonin osalta arvioinnissa käytettiin Isokuusen rakennetyyppikuvauksia. Ryömintätilaisen betonialapohjan osalta määrityksenä käytettiin verrokkikohde Pellervon rakennetyyppikuvauksia.

Hankkeen perusvaihtoehdossa (maanvarainen betonirakenteinen laatta ja ryömintätilainen betonialapohja) arvioitiin kierrätyssementin määräksi 0%, sillä rakennetyyppikuvauksissa suositeltiin käytettäväksi nopeasti kuivuvaa betonia. Vihreä betoni -vaihtoehdossa kierrätysseosaineiden osuudeksi sementissä arvioitiin 30%, mutta vihreän betonin osalta on huomioitava, että kierrätyssementin määrä voi pidentää toivottua kuivumisaikaa.

Alapohjarakenteiden vertailussa ei huomioitu maanvaihdosta tulevia päästöjä, sillä nämä on huomioitu perustamisolosuhteiden vertailussa. Näin ollen alapohjan osalta on vertailtu vain alapohjan rakennetta. Ryömintätilaisen alapohjan osalta kantavien seinien on laskettu jatkuvan ryömintätilaan ja sokkelin alle on ulkoseinien osalta laskettu myös eristykset.

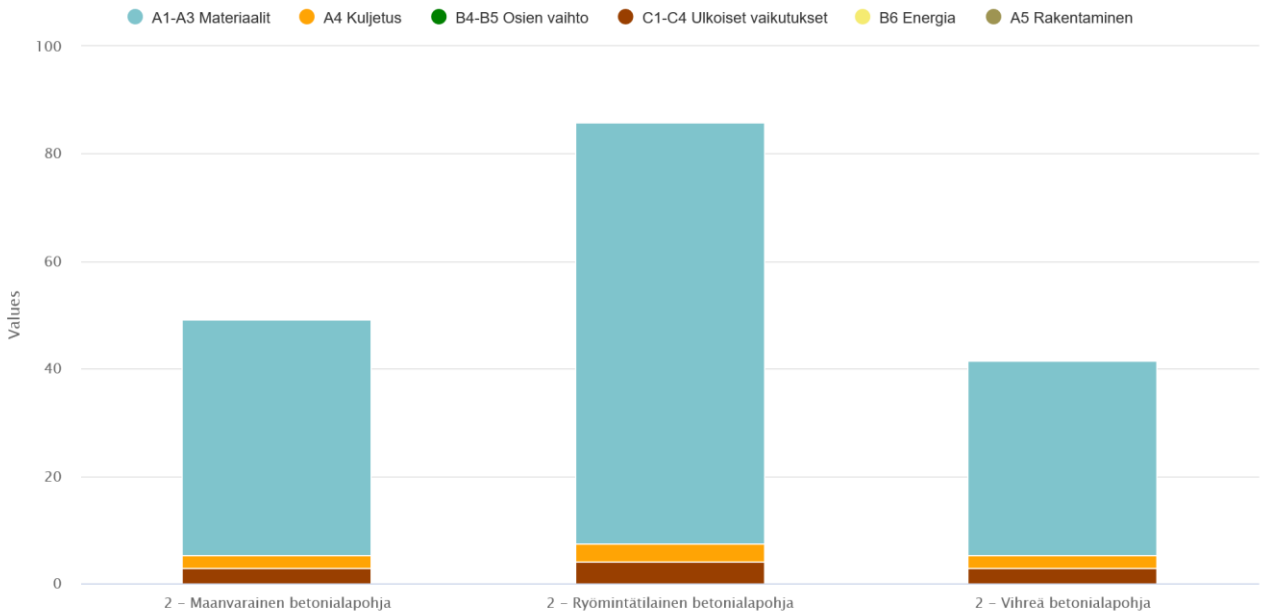
4.2.1 Lähtötiedot ja oletukset

	Materiaalit	Päästötiedon lähteet	Vaihdettavat osat
Maanvarainen betonirakenteinen laatta	Lattiatasoite 10mm Valmisbetoni 100mm Betoniraudoitus 3kg Suodatinkangas N1 EPS 200-eriste 100mm EPS 100-eriste 100mm	Keskimääräistä edustavat tyypilliset tuotteet: Tyypillinen lattiatasoite (Weber Vetonit EPD, 1,7kg/m2/mm), keskimääräinen valmisbetoni C30/37 0% kierrätettyjä sementin seosaineita, keskimääräinen betoniraudoitus 90 % kierrätetty (30kg/m3), keskimääräinen geotekstiili (PP/PE), keskimääräinen EPS x kg/m3 (EUMEPS EPD) (One Click LCA)	Ei vaihdettavia osia
Ryömintätilainen betonialapohja	Lattiatasoite 10mm Valmisbetoni 110mm Betoniraudoitus 3,3kg Ontelolaatta 200mm EPS-eriste 0,17m3 Sokkeli: betoni 0,012m3, betoniraudoitus 0,96kg ja polyuretaanieriste 0,03m2	Keskimääräistä edustavat tyypilliset tuotteet: Tyypillinen lattiatasoite (Weber Vetonit EPD), 1,7kg/m2/mm), keskimääräinen valmisbetoni C30/37 0% kierrätettyjä sementin seosaineita, keskimääräinen betoniraudoitus 90% kierrätetty (30kg/m3), Parma 200mm Ontelolaatta, Neopor Plus EPS-eriste. Sokkelissa keskimääräinen valmisbetoni C30/37 0% kierrätettyjä sementin seosaineita, keskimääräinen betoniraudoitus 90% kierrätetty (80kg/m3) ja ulkoseinien osalta keskimääräinen PU-eriste (31kg/m3) (One Click LCA)	Ei vaihdettavia osia

Maanvarainen vihreä betoni	Lattiatasoite 10mm Valmisbetoni 100mm Betoniraudoitus 3kg Suodatinkangas N1 EPS 200-eriste 100mm EPS 100-eriste 100mm	Keskimääräistä edustavat tyypilliset tuotteet: Tyypillinen lattiatasoite (Weber Vetonit EPD, 1,7kg/m2/mm), keskimääräinen valmisbetoni C30/37 30% kierrätettyjä sementin seosaineita, keskimääräinen betoniraudoitus 100% kierrätetty (30kg/m3), keskimääräinen geotekstiili (PP/PE), keskimääräinen EPS x kg/m3 (EUMEPS EPD) (One Click LCA)	Ei vaihdettavia osia

4.2.2 Arviointitulokset

	Maanvarainen betonialapohja	**Ryömintätilainen betonialapohja**	**Vihreä betoni**
Elinkaaren vaihe	kgCO2e/m2	kgCO2e/m2	kgCO2e/m2
A1-A3 – Materiaalit	44	78,5	36
A4 – Kuljetus	2	3,5	2
B4-B5 – Osien vaihto	0	0	0
C1-C4 – Elinkaaren loppu	3	4	3
Koko elinkaari	49	86	41



Elinkaaren hiilijalanjälki 50 vuoden elinkaarella kgco2e/m2/vuosi

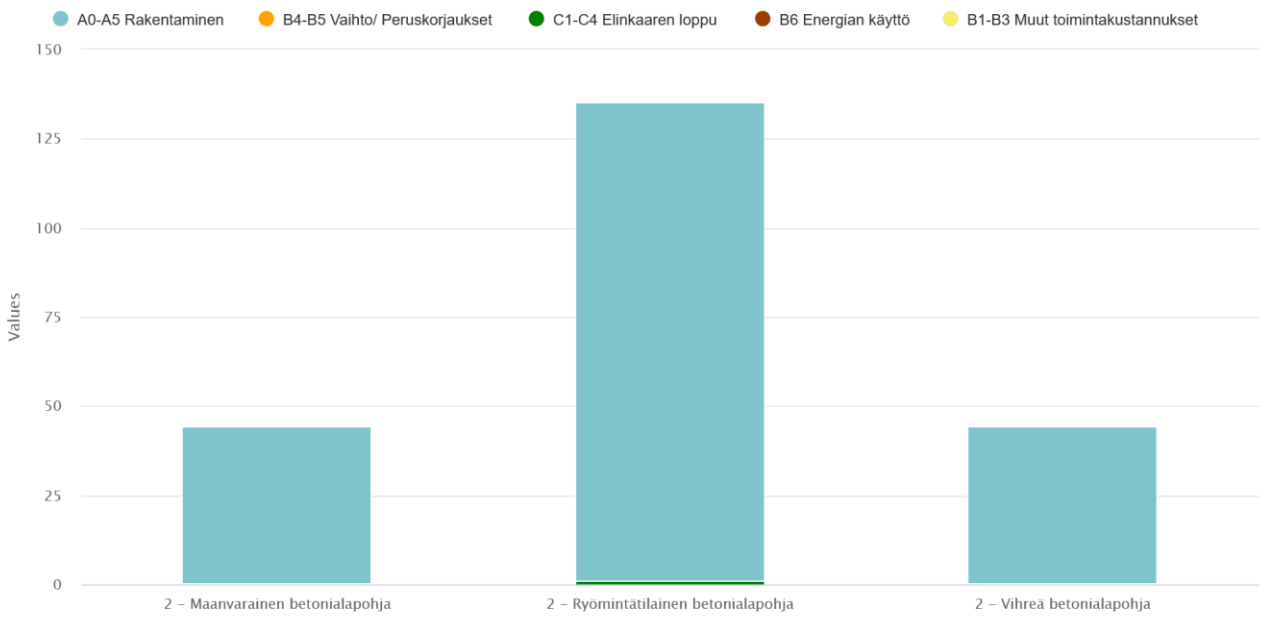
- Ryömintätila nostaa materiaalien tarvetta ja näin ollen päästöjä.
- Vihreä betoni (n. 25 % kierrätysseosaineita korvaamassa portland sementtiä) ja raudoitus 100 % kierrätysasteella madaltavat betonialapohjan päästöjä hieman.

4.2.3 Elinkaarikustannukset

	Kustannustietojen oletukset & lähteet	**Investointikustannus (€/m2)**

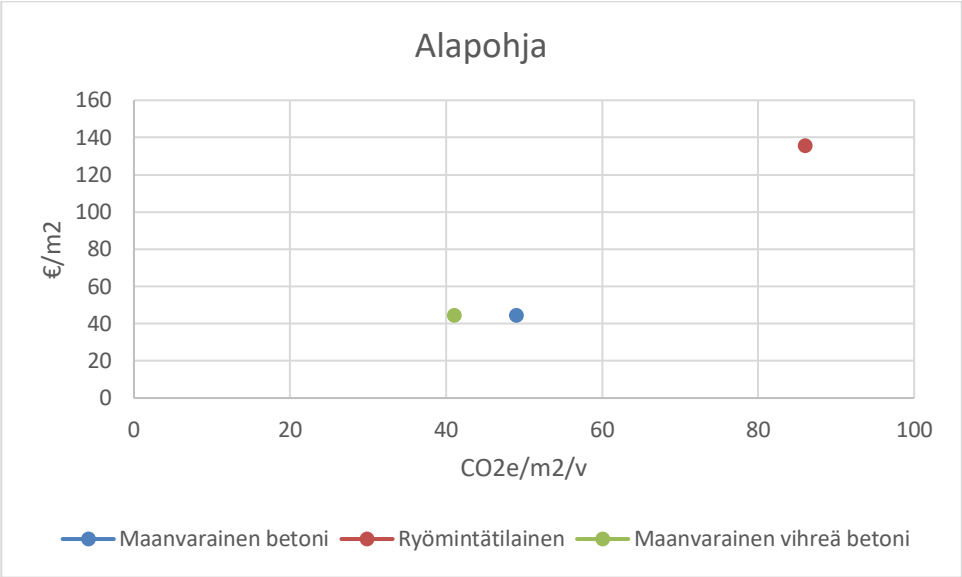
Maanvarainen betonialapohja	Lattiatasoite, valmisbetoni, betoniraudoitus, geotekstiili, EPS-eristeet (RT-kustannuslaskelma, keskimääräistä edustavat materiaalit), elinkaaren loppu (One Click LCA)	45
Ryömintätilainen betonialapohja	Lattiatasoite, valmisbetoni, betoniraudoitus, ontelolaatta, EPS-eriste, sokkeli (RT-kustannuslaskelma, keskimääräistä edustavat materiaalit), elinkaaren loppu (One Click LCA)	136
Maanvarainen betonialapohja vihreällä betonilla	Lattiatasoite, betoniraudoitus, geotekstiili, EPS-eristeet (RT-kustannuslaskenta, keskimääräistä edustavat materiaalit), Betoni (Finnsementti - Plussementti) elinkaaren loppu (One Click LCA)	45

	Maanvarainen betonialapohja	**Ryömintätilainen betonialapohja**	**Vihreä betoni**
Elinkaaren vaihe	€/m2	€/m2	€/m2
A1-A5 Materiaali, kuljetus ja rakentaminen	44,00	134,00	44,00
B3-B4 Huoltotyöt ja vaihdot	0,00	0,00	0,00
B4 Elinkaaren loppu	0,5	1	0,5
Kustannukset yhteensä	44,5	135,5	44,5



Elinkaarikustannukset 50 vuoden elinkaarella €/m2

- Ryömintätila nostaa käytettävien materiaalien ja tarvittavan työn määrää, jolloin myös hinta on korkeampi, kuin maanvaraisella.
- Vihreällä betonilla käytettiin samaa hintaa perustuen Finnsementin hintatietoihin, joissa kierrätettyjä seosaineita sisältävän Plussementin ja tavanomaisen sementin välillä ei ole hintaeroa. Vihreän betonin kuivumisajan vaikutusta kustannuksiin ei ole arvioitu.
- Vähäpäästöisen raudoituksen osalta ei pystytty arvioimaan tarkkoja hintatietoja, joten hinta on oletettu vastaavaksi.



Rakennevaihtoehtojen kustannus/päästö -vertailu

4.3 Julkisivun pintamateriaalit

Julkisivun pintamateriaalivaihtoehtoina on vertailtu julkisivuja muurauksella, muurauksella ja rappauksella, sekä puuverhoilulla. Julkisivurakenteiden pohjana on käytetty One Click LCA:n, sekä rakennetyyppikuvien rakenteita ja materiaaleina on käytetty tyypillisiä suomalaisia materiaaleja.

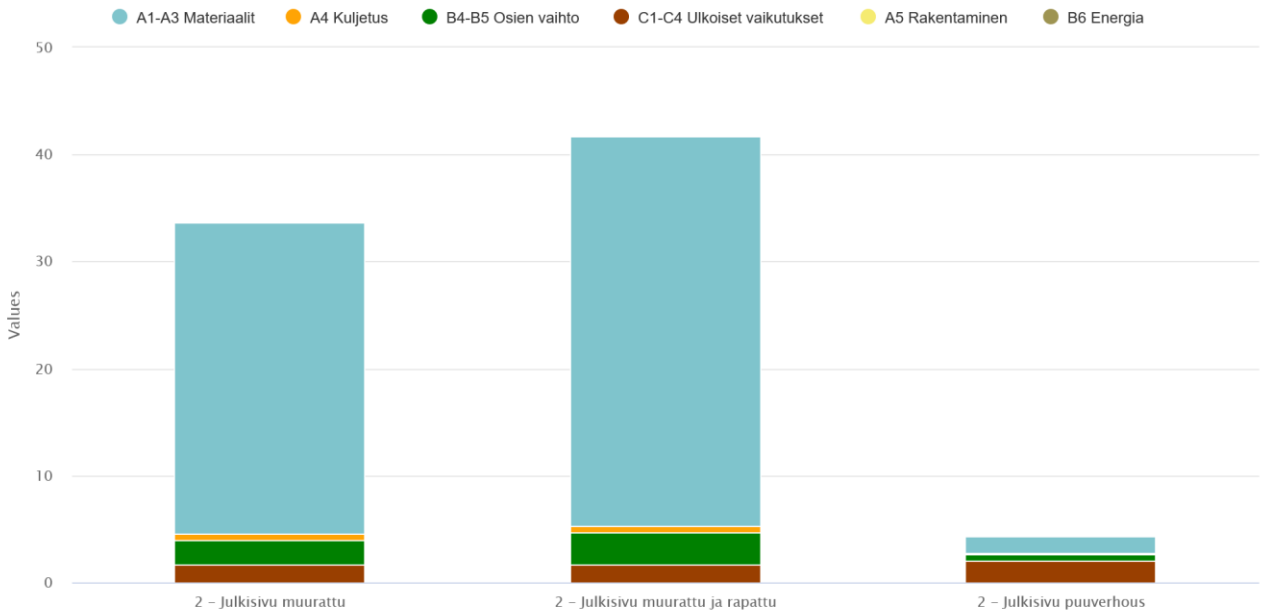
4.3.1 Lähtötiedot ja oletukset

	Materiaalit	Valitut tyypillistä rakennetta edustavat päästötiedon lähteet	Vaihdettavat osat
Tiiliseinä	Punatiili, 130mm (menekki 47 tiiltä/m2), Muurauslaasti (56kg + 14kg muurauslaastin korjaus), Muuraussiteet 0,15kg	Keskimääräistä edustavat tyypilliset tuotteet: Wienerberger tiili, Weber M5 laasti, keskimääräinen galvanoitu teräs (4-5kpl/m2, n. 0,03kg/kpl) (One Click LCA)	Muurauksen saumakorjaus 20% 25 vuoden välein.
Tiiliseinä ja rappaus	Punatiili, 130mm (menekki 47 tiiltä/m2), Muurauslaasti (56kg + 14kg muurauslaastin korjaus), Muuraussiteet 0,15kg Rappaus 4kg Maalipinta 0,12kg	Keskimääräistä edustavat tyypilliset tuotteet: Wienerberger tiili, Weber M5 laasti, keskimääräinen galvanoitu teräs (4-6 kpl/m2, n. 0,03kg/kpl), Weber rappauslaasti (4kg/m2), Teknos vesiliukoinen ulkomaali (1,2kg/l) (One Click LCA)	Muurauksen saumakorjaus 20% 25 vuoden välein. Ulkomaalipinnan uusiminen 15 vuoden välein.
Puuverhous	Maalipinta 0,12kg Julkisivulaudat 28mm Koolaus 22mm	Keskimääräistä edustavat tyypilliset tuotteet: Teknos vesiliukoinen ulkomaali (1,2kg/l), Stora Enso massiivipuu, puutuoteteollisuuden keskimääräinen puutavara (One Click LCA)	Ulkomaalipinnan uusiminen 15 vuoden välein.

4.3.2 Arviointitulokset

Alla oleva taulukko näyttää eri julkisivuvaihtoehtojen päästöt CO2-ekvivalenttikilogrammoina, jokaista laskennassa huomioituja elinkaarenvaihteita kohden. Vaihtoehdoista puuverhouksella on pienimmät päästöt. Taulukon päästöt on havainnollistettu myös alla olevassa kuviossa, joka havainnollistaa eri vaihtoehtojen päästöjen eroja.

	Puuverhous	Muuraus	Muuraus + rappaus
Elinkaaren vaihe	kgCO2e/m2	kgCO2e/m2	kgCO2e/m2
A1-A3 – Materiaalit	1,5	29	36,5
A4 – Kuljetus	0,1	0,5	1
B4-B5 – Osien vaihto	0,5	2,5	3
C1-C4 – Elinkaaren loppu	2	1,5	1,5
Koko elinkaari	4,1	33,5	42



Elinkaaren hiilijalanjälki 50 vuoden elinkaarella kgCO2e/m2/vuosi

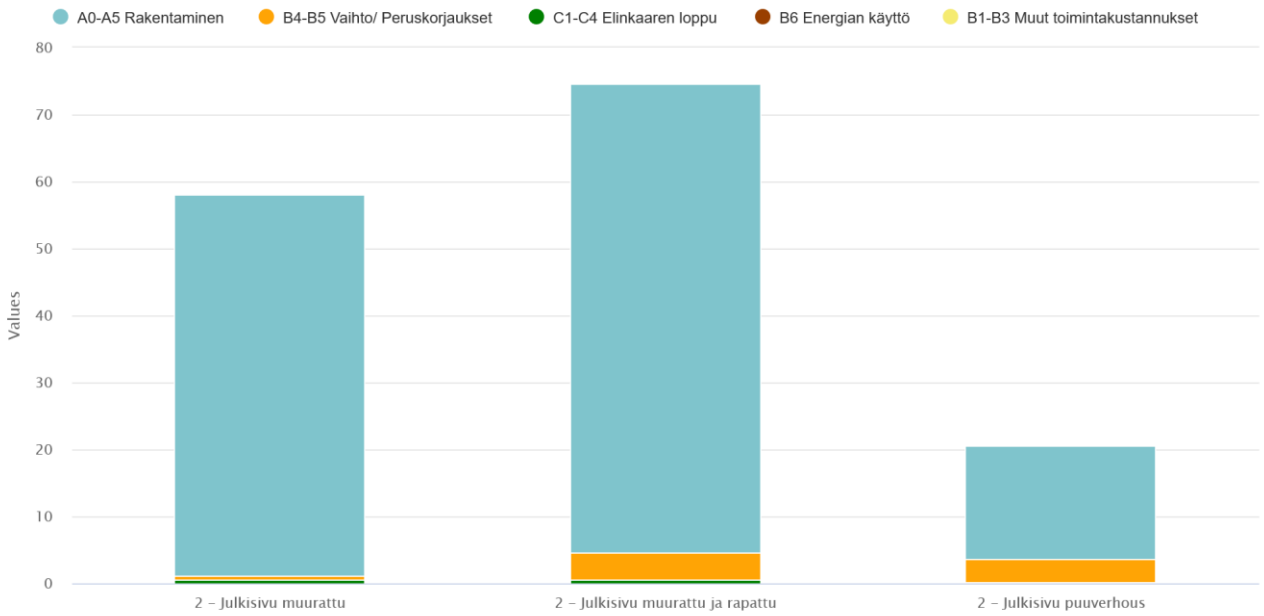
- Muurattujen rakenteiden materiaalien valmistuksen päästöt ovat huomattavasti puuvaihtoehtoa suuremmat.
- Muurattujen rakenteiden korjausten päästöt huomattavasti suuremmat verrattuna puuverhoiluun, johtuen laastin korjauksista. Rappauksen osalta saumakorjauksen lisäksi vielä uudelleen maalaus, joka nostaa päästöjä.

4.3.3 Elinkaarikustannukset

	Kustannustietojen oletukset & lähteet	Vaihdot	Investointikustannus (€/m2)
Puuverhous	Vesiohenteinen ulkomaali, julkisivulaudoitus, Ristikoolaus (RT-kustannuslaskelma, keskimääräistä edustavat materiaalit), elinkaaren loppu (One Click LCA)	Ulkomaalipinta: 2 €/m2 15 vuoden välein	17

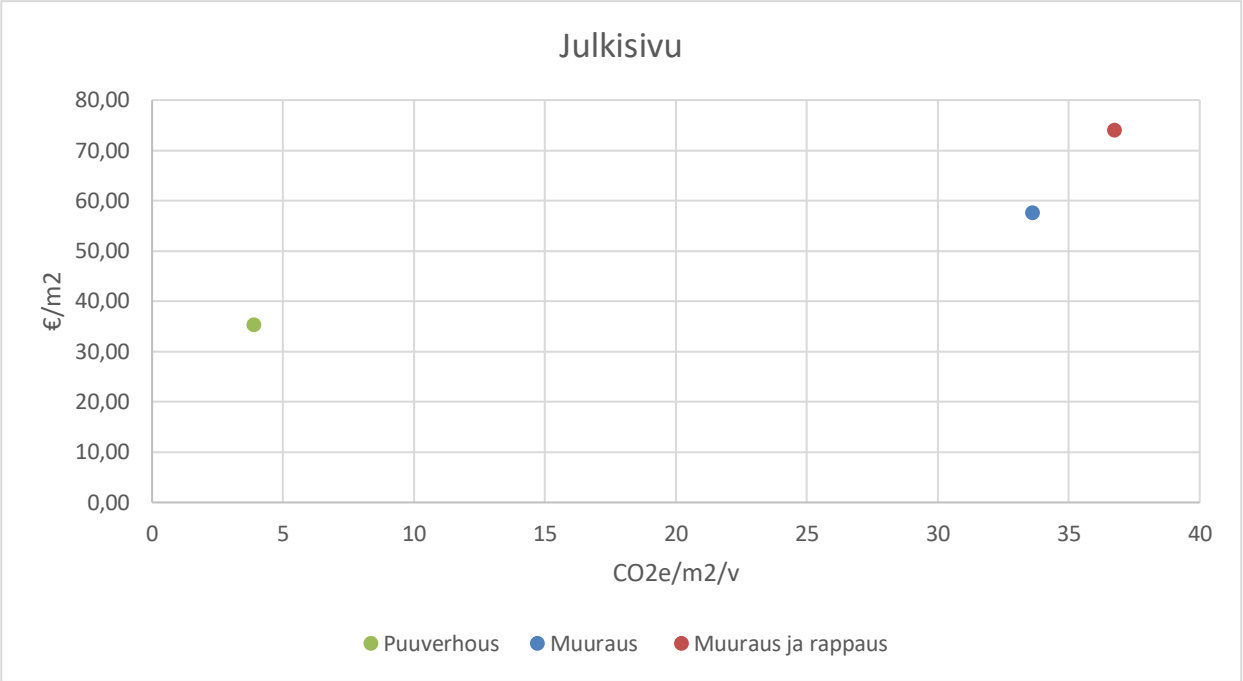
Muuraus	Tiili, saumalaasti, muuraussiteet (RT-kustannuslaskelma, keskimääräistä edustavat materiaalit), elinkaaren loppu (One Click LCA)	Saumakorjaus: 1€/m2 25 vuoden välein	58
Muuraus ja rappaus	Vesiohenteinen ulkomaali, rappaus, tiili, muurauslaasti, muuraussiteet (RT-kustannuslaskenta, keskimääräistä edustavat materiaalit), elinkaaren loppu (One Click LCA)	Ulkomaalipinta: 2 €/m2 15 vuoden välein, Saumakorjaus: 1 €/m2 25 vuoden välein	71

	Puuverhous	**Muuraus**	**Muuraus + rappaus**
Elinkaaren vaihe	€/m2	€/m2	€/m2
A1-A5 Materiaali, kuljetus ja rakentaminen	17,00	57,00	70,00
B3 – B4 Vaihto ja peruskor-jaukset	3,5	0,5	4
C1-C4 Elinkaaren loppu	0,2	0,5	0,5
Kustannukset yhteensä	20,7	58	74,5



Elinkaarikustannukset 50 vuoden elinkaarella €/m2

- Puuverhouksen kustannus työt ja materiaalit huomioiden on rakentamisvaiheessa muita vaihtoehtoja pienempi.
- Rapatun julkisivun käyttövaiheen kustannuksia nostaa rappauksen uusiminen. Puuverhotun julkisivun käyttövaiheen päästöihin taas vaikuttaa maalaus.



Rakennevaihtoehtojen kustannus/päästö -vertailu

4.4 Ulkoseinä

Ulkoseinien osalta arvioitiin betoni-, puu- ja CLT-ulkoseinää. Arvioinnissa huomioitiin myös energiahukka, sillä CLT-seinän u-arvo on muita seiniä huomattavasti huonompi. Kaukolämmön (tarkistettu energiatodistuksesta) osalta arvioinnissa on käytetty YM:n mukaista kerrointa, jolla laskettu vuosittainen kwh/vuosi energiahukka.

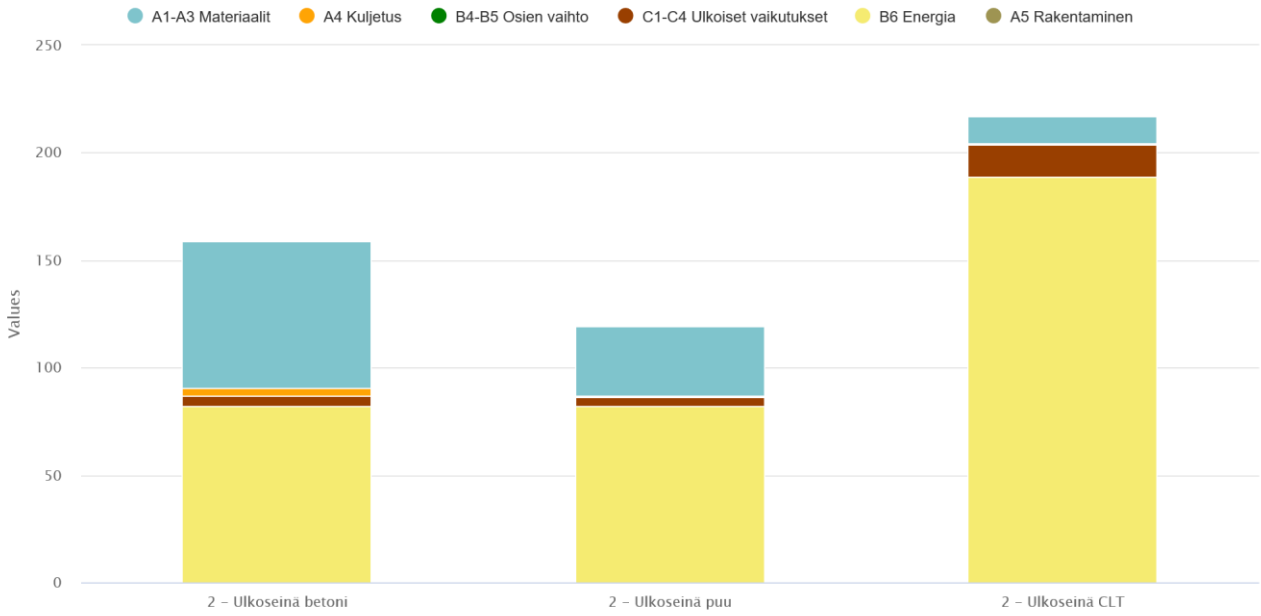
4.4.1 Lähtötiedot ja oletukset

	Materiaalit	Valitut tyypillistä rakennetta edustavat päästötiedon lähteet	Huomioitavaa
Betoninen ulkoseinä	Valmisbetoni C30/37 180mm, Betoniraudoitus 14,4kg, PU-eriste 130mm	Keskimääräistä edustavat tyypilliset tuotteet: Keskimääräinen valmisbetoni C30/37 0% kierrätettyjä sementin seosaineita, keskimääräinen betoniraudoitus 90 % kierrätetty (80kg/m3) (One Click LCA), PU-eriste 31kg/m3 (PU Europe)	Kaukolämpö 23kWh vuodessa

Puurankainen ulkoseinä	Kipsilevy 13mm, Vaneri 15mm, Höyrynsulkumuovi Kerto viilupuu 98x198 Mineraalivilla 200mm Kipsilevy 10mm Mineraalivilla 50mm	Keskimääräistä edustavat tyypilliset tuotteet: Keskimääräinen vanerilevy, Höyrynsulkumuovi, Keskimääräinen kivivillaeristelevy (50kg/m3), (One Click LCA), Kipsilevy 12.7kg/m2 (Gyproc), Kerto viilupuu (LVL) – Rankarunko RAK mukaan k600 3,3m/m2 (Metsä Wood), Kipsilevy 7,2kg/m2 (Gyproc),	Kaukolämpö 23kWh vuodessa
CLT-ulkoseinä	CLT 260mm	Ristiinliimattu massiivipuu 470kg/m3 (Stora Enso)	Kaukolämpö 53kWh vuodessa

4.4.2 Arviointitulokset

	Betoninen ulkoseinä	**Puurankainen ulkoseinä**	**CLT-ulkoseinä**
Elinkaaren vaihe	kgCO2e/m2	kgCO2e/m2	kgCO2e/m2
A1-A3 – Materiaalit	68	32,5	12,5
A4 – Kuljetus	4	0,5	0,5
B4-B5 – Osien vaihto	0	0	0
B6 - Energia	82	82	188,5
C1-C4 – Elinkaaren loppu	5	4,5	15,5
Koko elinkaari	159	119,5	217



Elinkaaren hiilijalanjälki 50 vuoden elinkaarella kgCO2e/m2/vuosi

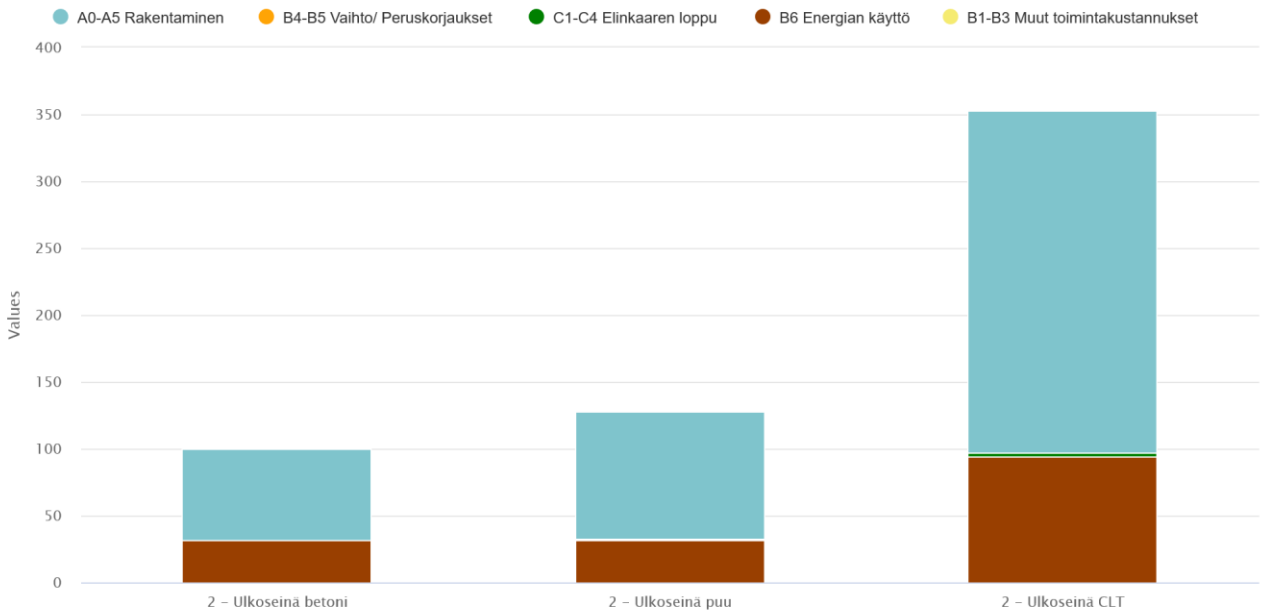
- Energiahukka CLT seinän läpi huomattavasti suurempi elinkaaren aikana, jolloin kokonaispäästöt nousevat suuremmiksi, vaikka materiaalien valmistuspäästöt ovat pienemmät (U-arvo 0,39). Betoniseinän ja puurankaseinän U-arvo on oletettu vastaavaksi (0,17) ja niiden käyttövaiheen päästöt ovat vastaavat.
- CLT-vaihtoehtoon verrattuna puurankaseinän materiaalien hiilijalanjälkeä nostavat eristeiden päästöt. Betonivaihtoehdon materiaalien valmistuksen päästöt ovat ryhmän suurimmat.

- CLT:n osalta u-arvoa on mahdollista muokata paremmaksi esimerkiksi ohentamalla CLT:n paksuutta ja lisäämällä ulkoseinään eriste. Tällöin käyttövaiheen energiankäytöstä aiheutuva hiilijalanjälki pystytään pienentämään.

4.4.3 Elinkaarikustannukset

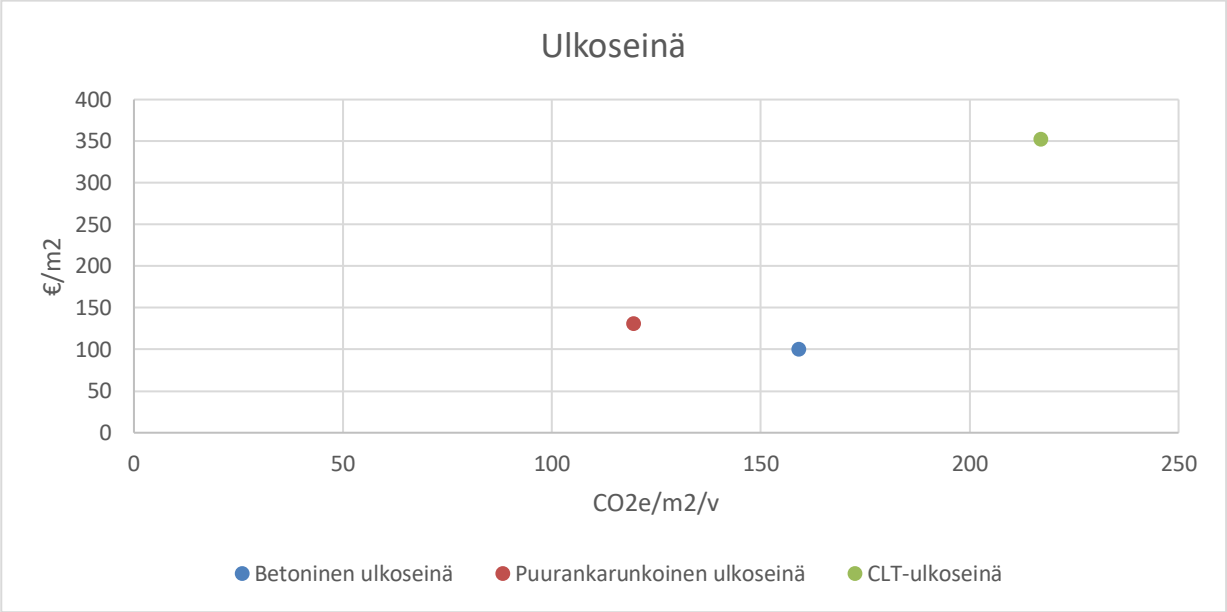
	Kustannustietojen oletukset & lähteet	Investointikustannus (€/m2)
Betoninen ulkoseinä	PU-eriste, betoni, betoniraudoitus (RT-kustannuslaskelma, keskimääräistä edustavat materiaalit), kaukolämpö (Tampere), elinkaaren loppu (One Click LCA)	100
Puurankainen ulkoseinä	Palosuojalevy, puuvaneri, höyrynsulkumuovi, rankarunko (Kerto-viilupuu), Kaukolämpö (Tampere), Kivivilla (RT-kustannuslaskelma, keskimääräistä edustavat materiaalit), elinkaaren loppu (One Click LCA)	131
CLT-ulkoseinä	CLT-elementti (Stora Enso), kaukolämpö (Tampere), elinkaaren loppu (One Click LCA)	353

	Betoninen ulkoseinä	Puurankainen ulkoseinä	CLT-ulkoseinä
Elinkaaren vaihe	€/m2	€/m2	€/m2
A1-A5 Materiaali, kuljetus ja rakentaminen	68,00	96,00	256,00
B3 Huoltotyöt ja vaihto	00,00	0,00	0,00
B6 Energiankäyttö	31,5	31,5	94
C1-C4 Elinkaaren loppu	0,5	0,5	2,5
Kustannukset yhteensä	100	131	352,5



Elinkaarikustannukset 50 vuoden elinkaarella €/rakennem2

- Energiahukka CLT -seinän läpi huomattavasti suurempi elinkaaren aikana, jolloin lämmön kulutuksen aiheuttamat kustannukset ovat CLT-seinän osalta huomattavasti suuremmat verrattuna muihin vaihtoehtoihin.
- CLT:n kustannuksia pystytään pienentämään esimerkiksi seinän paksuutta pienentämällä, sekä lisäämällä ulkoseinään eriste. Näin myös u-arvon pienentyessä energian kustannukset vähenevät.



Rakennevaihtoehtojen kustannus/päästö -vertailu

4.5 Runkorakenne

Runkorakenteiden osalta arvioinnissa vertailtiin CLT-massiivirunkoa, betonirunkoa, sekä puurunkoa, joiden pohjana käytettiin Isokuusen ja verrokkikohde Pellervon rakennetyyppikuvauksia, sekä One Click LCA:n tyypillisiä runkorakenneratkaisuja. + Isokuusen rakennemääriä seinille, välipohjille, pilareille ja palkeille. Tulokset on esitetty rungon kokonaispäästöinä / Isokuusen lämmitetyllä nettoalalla

4.5.1 Lähtötiedot ja oletukset

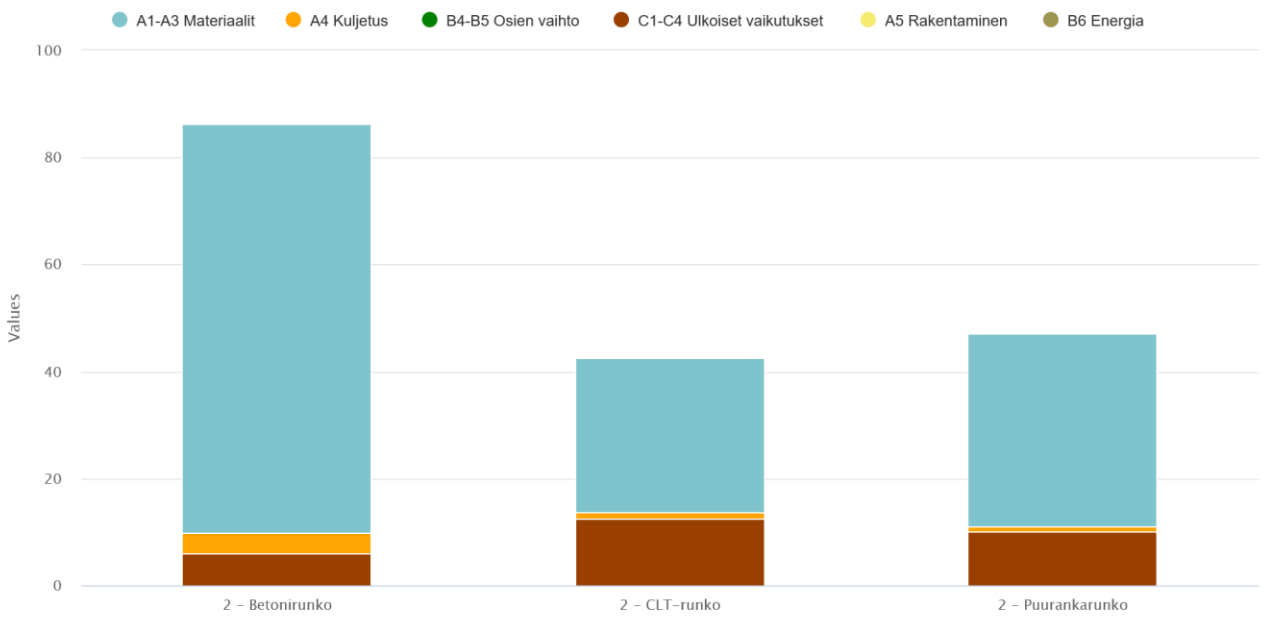
Materiaalit	Päästötiedon lähteet	Vaihdettavat osat

Betonirunko	Kantava betonisisäseinä: Valmisbetoni 200mm, Raudoitus 8,84kg, Pilarit: Valmisbetoni, betoniraudoitus, Ontelolaattavälipohja: lattiatasoite 10mm, valmisbetoni 80mm, betoniraudoitus 1,05kg, ontelolaatta 320mm, akustointi 20mm, laasti 20mm, WQ-palkki, Teräsbetonipalkki: valmisbetoni, betoniraudoitus	Keskimääräistä edustavat tyypilliset tuotteet: Keskimääräinen valmisbetoni C30/37 0% kierrätettyjä sementin seosaineita, keskimääräinen betoniraudoitus 90 % kierrätetty (väliseinä: 80kg/m3, pilari ja palkki 100kg/m3), Keskimääräinen ontelolaatta 0% kierrätettyjä sementin seosaineita, Keskimääräinen teräslevy 0% kierrätettyä terästä (One Click LCA), Lattiatasoite (Weber Vetonit), Lasivilla – Akustinen kattopaneeli (Ecophon),	Ei vaihdettavia osia
CLT-runko	CLT 140 mm, Liimapuupilari 250*250 Liimapuupalkki 250*400 Välipohja: Lattiatasoite 15mm, valmisbetoni 55mm, betoniraudoitus, lasikuituinen tukiverkko, välipohjan runko Kerto-viilupuu, välipohjan koolaus k400, kivivillaeriste 100mm, palokipsilevy 30mm	Keskimääräistä edustavat tyypilliset tuotteet: Keskimääräinen valmisbetoni C30/37 0% kierrätettyjä sementin seosaineita, keskimääräinen betoniraudoitus 90% kierrätetty (30kg/m3), keskimääräinen kivivillaeristelevy (50kg/m3) (One Click LCA), ristiinliimattu massiivipuu 140mm (Stora Enso), Liimapuu (Sorlaminering), Lattiatasoite (Weber vetonit), lasikuituinen tukiverkko, Kerto viilupuu (Metsä wood), koolaus k400, palokipsilevy Gyproc GFL15 (Saint Gobain)	Ei vaihdettavia osia
Puurankarunko	Kantava puurankaväliseinä: 2 x vaneri 15mm, Kerto viilupuu, kivivillaeriste 150mm, 2 x palokipsilevy 12,5mm, Liimapuupilari 250x250, Liimapuupalkki 250x400 Välipohja: Lattiatasoite 15mm, valmisbetoni 55mm, betoniraudoitus, lasikuituinen tukiverkko, välipohjan runko Kerto-viilupuu, välipohjan koolaus k400, kivivillaeriste 100mm, palokipsilevy 30mm	Keskimääräistä edustavat tyypilliset tuotteet: Keskimääräinen valmisbetoni C30/37 0% kierrätettyjä sementin seosaineita, keskimääräinen betoniraudoitus 90% kierrätetty (30kg/m3), keskimääräinen kivivillaeristelevy (50kg/m3) (One Click LCA), havuvaneri (Metsä wood), Liimapuu (Sorlaminering), Lattiatasoite (Weber vetonit), lasikuituinen tukiverkko, Kerto viilupuu (Metsä wood), välipohjan koolaus k400, palokipsilevy Gyproc (Saint Gobain)	Ei vaihdettavia osia

4.5.2 Arviointitulokset

Tulokset on muista rakenteista poiketen esitetty rakennuksen lämmitettyä nettoalaa kohti.

	Betonirunko	**CLT-runko**	**Puurankarunko**
Elinkaaren vaihe	kgCO2e/n-m2	kgCO2e/n-m2	kgCO2e/n-m2
A1-A3 Materiaalit	76,5	29	35
A4 Kuljetus	3,5	1	1
B4-B5 Osien vaihto	0	0	0
C1-C4 Elinkaaren loppu	6	12,5	10
Koko elinkaari	86	42,5	46



Elinkaaren hiilijalanjälki 50 vuoden elinkaarella kgCO2e/n-m2/vuosi

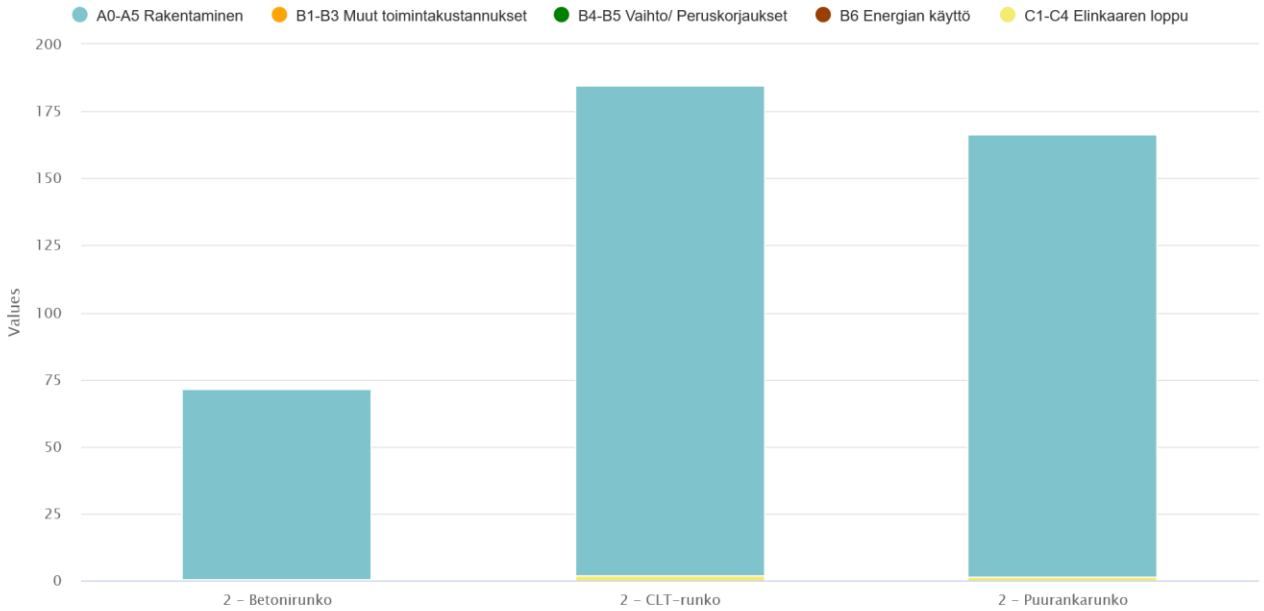
- CLT ja puurankarunkovaihtoehdon eroavaisuus on väliseinissä, jotka ovat massiivirungossa CLT.tä. Muutoin vaihtoehdot ovat samanlaisia.
- Päästöt johtuvat materiaalien valmistuksen päästöistä, joista betoni on suuripäästöisin.
- Rungon osat huomioitu laskemalla rungon osien osuus/n-m2

4.5.3 Elinkaarikustannukset

	Kustannustietojen oletukset & lähteet	Investointikus-tannus (€/m2)
Betonirunko	Kantava betonisisäseinä: valmisbetoni, raudoitus, betonipilarit, Ontelolaattavälipohja: lattiatasoite, valmisbetoni, betoniraudoitus, ontelolaatta, akustointi, laasti, WQ-palkki, teräsbetonipalkki (RT-kustannuslaskentaohjelma, keskimääräistä edustavat materiaalit), elinkaaren loppu (One Click LCA)	72
CLT-runko	CLT (Stora Enso), Liimapuupilari, Liimapuupalkki, Välipohja: Lattiatasoite, valmisbetoni, betoniraudoitus, lasikuituinen tukiverkko, välipohjan runko (Kerto-viilupuu), välipohjan koolaus, kivivillaeriste, palokipsilevy (RT-kustannuslaskentaohjelma, keskimääräistä edustavat materiaalit), elinkaaren loppu (One Click LCA)	184
Puurankarunko	Kantava puurankaväliseinä: vaneri, sahatavara, kivivillaeriste, palokipsilevy, Liimapuupilari, Liimapuupalkki, Välipohja: Lattiatasoite, valmisbetoni, betoniraudoitus, lasikuituinen tukiverkko, välipohjan runko Kerto-viilupuu, välipohjan koolaus, kivivillaeriste, palokipsilevy (RT-kustannuslaskelma), elinkaaren loppu (One Click LCA)	167

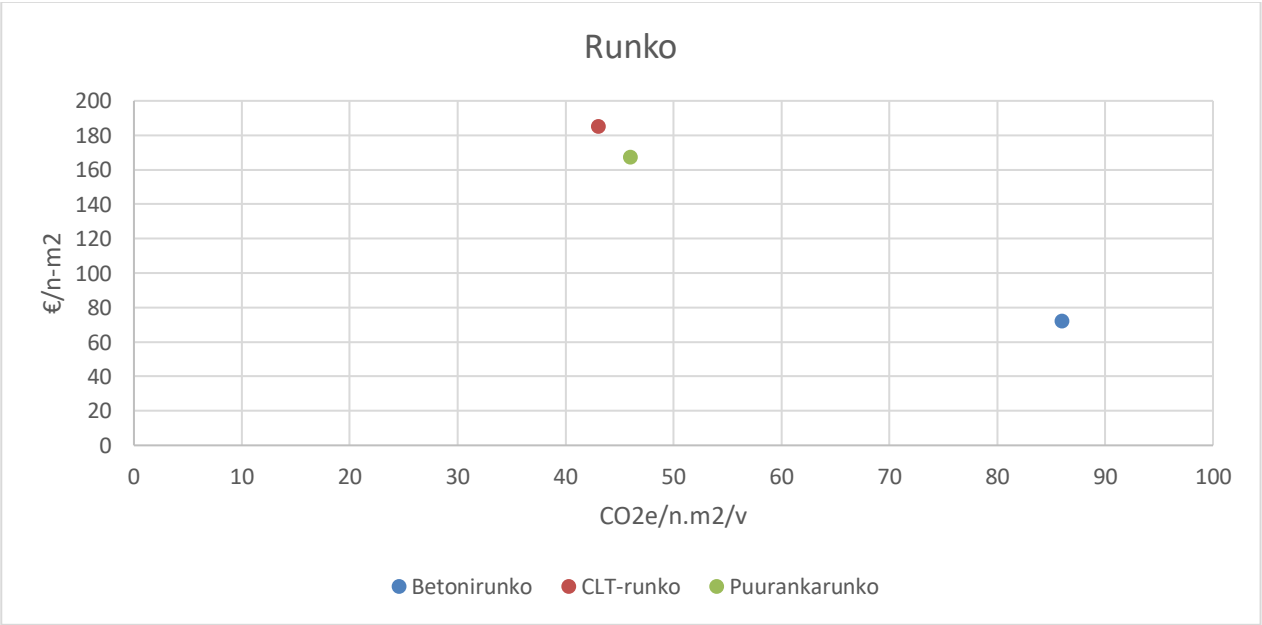
	Betonirunko	CLT-runko	Puurankarunko
Elinkaaren vaihe	€/m2	€/m2	€/m2

A1-A5 Materiaali, kuljetus ja rakentaminen	71,00	183,00	165,00
B3-B4 Huoltotyöt ja vaihto	0	0,00	0,00
C1-C4 Elinkaaren loppu	0,5	1,70	1,5
Kustannukset yhteensä	71,50	184,70	166,5



Elinkaarikustannukset 50 vuoden elinkaarella €/n-m2

- Massiivirunkoisen ja puurankarunkoisen osalta ero tulee väliseinistä, muuten rakenteet ovat yhteneväiset
- Rungon osat huomioitu laskemalla rungon osien osuus/n-m2



Rakennevaihtoehtojen kustannus/päästö -vertailu

4.6 Yläpohjarakenne

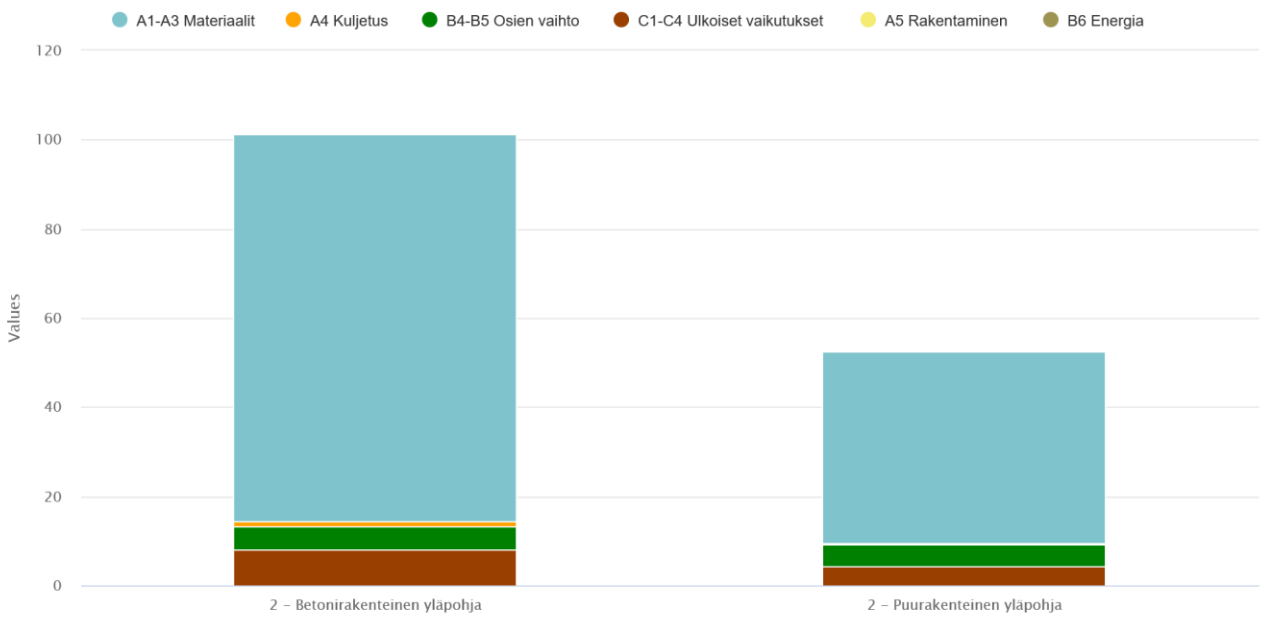
Arvioinnissa vertailtiin yläpohjarakenteen osalta betonirakenteista ja puurakenteista yläpohjaa. Arvioinnin puurakenteinen yläpohja perustuu Isokuusen rakennetyyppikuvauksiin ja betonirakenteinen puolestaan pohjautuu verrokkikohde Pellervon rakennetyyppikuvaukseen.

4.6.1 Lähtötiedot ja oletukset

	Materiaalit	Valitut tyypillistä rakennetta edustavat päästötiedon lähteet	Vaihdettavat osat
Betonirakenne	2-kerroksinen kumibitumikermi, Vesikattovaneri 23mm NR-ristikko 0,04m3/m2 kattoa ja naulalevyt 0,7kg per 1m, Puhallusvilla 550mm Bitumikermi, 1.kerros Ontelolaatta 265mm	Keskimääräistä edustavat tyypilliset tuotteet: Keskimääräinen ontelolaatta C30/37 0% kierrätettyjä sementin seosaineita, keskimääräinen galvanoitu teräs, keskimääräinen vanerilevy (One Click LCA), Kumibitumipintakermi (EWA), Kuivattu sahatavara kuusi- tai mänty-puusta (Puutuoteteollisuus), Puhallettava kivivilla (Paroc)	Kaksikerroksisen bitumikatteen uusiminen 30 vuoden välein.
Puurakenne	2-kerroksinen kumibitumipintakermi, Vesikattovaneri 19mm, NR-ristikko 0,04m3/m2 kattoa ja naulalevyt 0,7kg per 1m, Kivivilla eristelevy 100mm, Puhallusvilla 400mm Höyrynsulkumuovi Koolaus k400 Kipsilevy 2 x 12,5mm	Keskimääräistä edustavat tyypilliset tuotteet: Keskimääräinen galvanoitu teräs, keskimääräinen vanerilevy (One Click LCA), Kumibitumipintakermi (EWA), Kuivattu sahatavara kuusi- tai mänty-puusta (Puutuoteteollisuus), Puhallettava kivivilla (Paroc), Kivivilla eristelevy eXtra (Paroc), Höyrynsulkumuovi (Tommen Gram), Gypsum kipsilevy (Gyproc)	Kaksikerroksisen bitumikatteen uusiminen 30 vuoden välein.

4.6.2 Arviointitulokset

	Betonirakenteinen yläpohja	Puurakenteinen yläpohja
Elinkaaren vaihe	kgCO2e/m2	kgCO2e/m2
A1-A3 Materiaalit	87	43
A4 Kuljetus	1	0,5
B4-B5 Osien vaihto	5	5
C1-C4 Elinkaaren loppu	8	4,5
Koko elinkaari	101	53



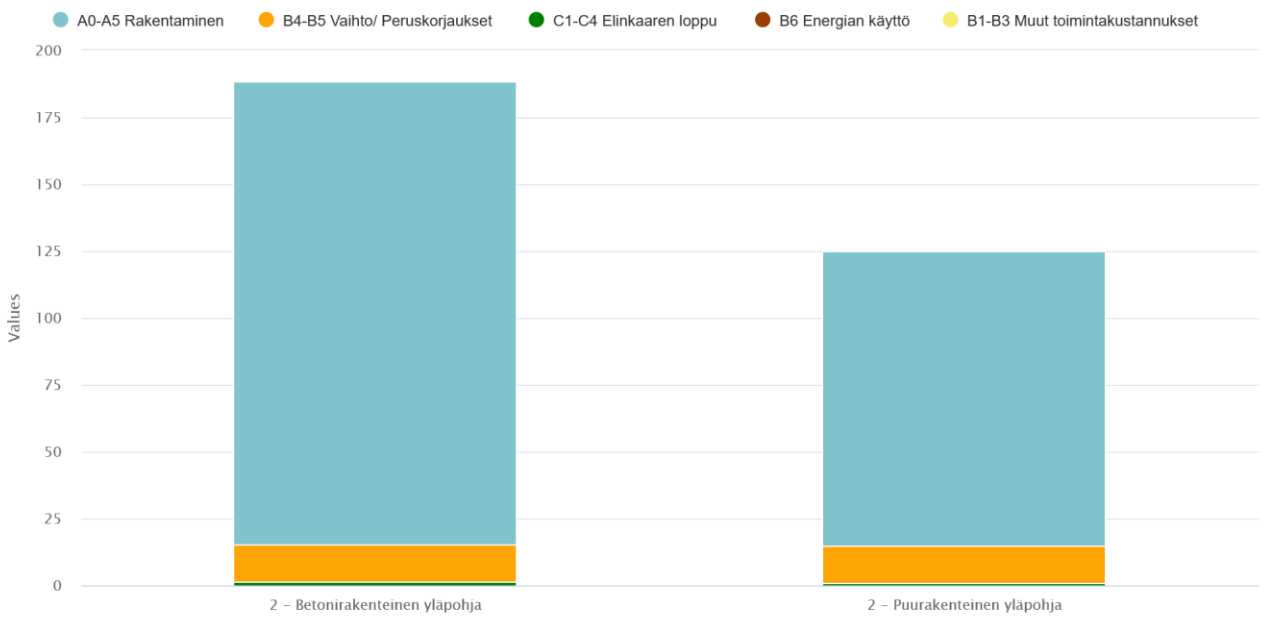
Elinkaaren hiilijalanjälki 50 vuoden elinkaarella kgco2e/m2/vuosi

- Puurunkoisen yläpohjan pienemmät päästöt johtuvat pienipäästöisemmästä materiaalista ja kevyemmästä rakenteesta.
- Yläpohjan osalta huomioitava, että puurunkoisessa yläpohjassa ei ole samankaltaista kantavaa runkoa, kuin betonirakenteisessa (ontelolaatta). Rakenteet perustuvat Isokuusen ja Pellervon oikeisiin rakenteisiin.

4.6.3 Elinkaarikustannukset

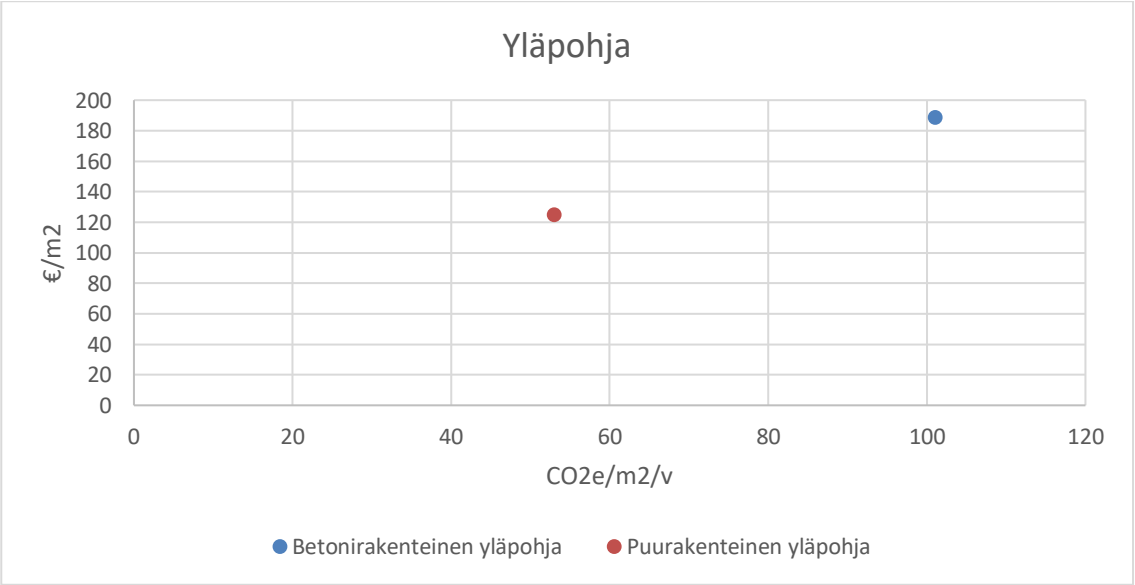
	Kustannustietojen oletukset & lähteet	Vaihdot	Investointikustannukset (€/m2)
Betonirakenteinen yläpohja	Kumibitumikermi, vaneri, NR-ristikko, kivivilla, ontelolaatta (RT-kustannuslaskentaohjelma, keskimääräistä edustavat tuotteet), elinkaaren loppu (One Click LCA)	Kumibitumikermi: 25 €/m2 30 vuoden välein	189
Puurakenteinen yläpohja	Kumibitumikermi, vaneri, NR-ristikko, kivivilla, höyrynsulkumuovi, koolaus, kipsilevy (RT-kustannuslaskentaohjelma, keskimääräistä edustavat tuotteet), elinkaaren loppu (One Click LCA)	Kumibitumikermi: 25 €/m2 30 vuoden välein	125

	Betonirakenteinen yläpohja	Puurakenteinen yläpohja
Elinkaaren vaihe	€/m2	€/m2
A1-A5 Materiaali, kuljetus ja rakentaminen	173,00	110,00
B3-B4 Huoltotyöt ja vaihto	14	14
C1-C4 Elinkaaren loppu	1,5	1
Kustannukset yhteensä	188,5	125



Elinkaarikustannukset 50 vuoden elinkaarella €/n-m2

- Puurunkoisen yläpohjan pienemmät kustannukset johtuvat kevyemmästä rakenteesta (puuranka vs. ontelolaatta).
- Yläpohjan osalta huomioitava, että puurunkoisessa yläpohjassa ei ole samankaltaista kantavaa runkoa, kuin betonirakenteisessa (ontelolaatta), joka pienentää puurunkoisen yläpohjan kustannuksia suhteessa betonirakenteiseen.



Rakennevaihtoehtojen kustannus/päästö -vertailu

4.7 Kevyet väliseinärakenteet

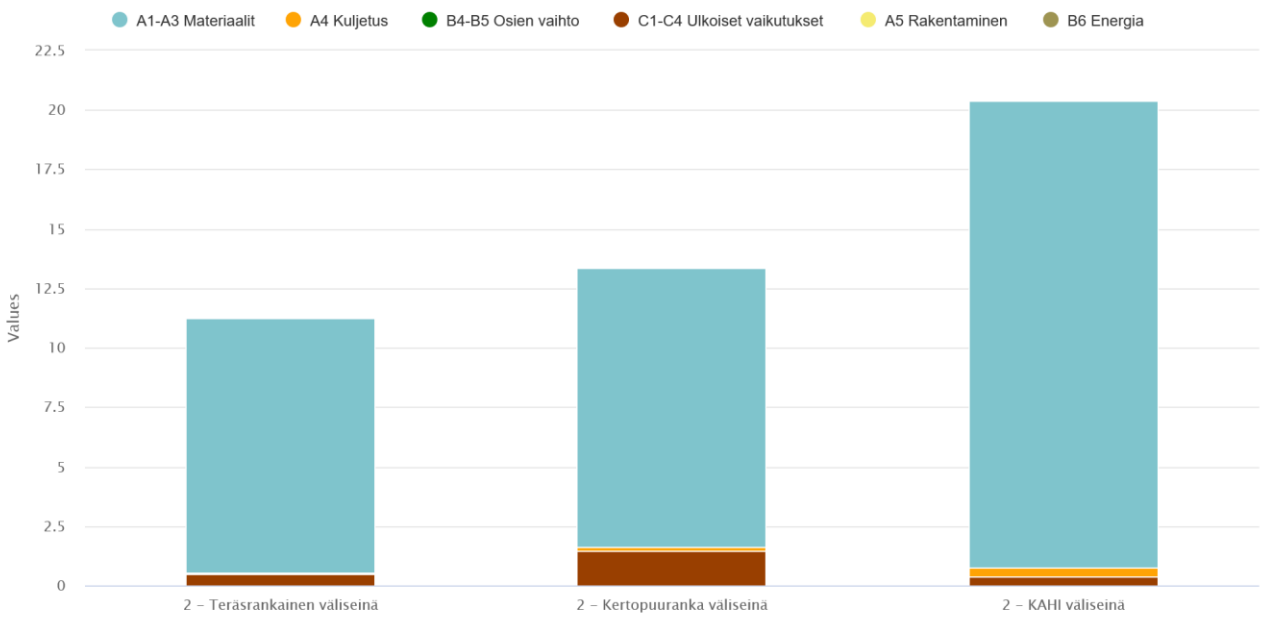
Kevyiden väliseinien osalta arvioitiin teräsranka-, kertopuuranka ja KAHI-väliseiniä. Arvioitavat rakenteet perustuvat rakennetyyppikuvauksiin.
KAHI-seinän käyttötarkoitus on märkätila, eli se poikkeaa käyttötarkoitukseltaan muista ratkaisuista, eivätkä tulokset sen vuoksi ole vertailukelpoisia. KAHI-seinän kohdalla rakennekohtaisiin vertailuihin ei laskettu mukaan märkätilojen laatoitusta

4.7.1 Lähtötiedot ja oletukset

	Materiaalit	Valitut tyypillistä rakennetta edustavat päästötiedon lähteet	Vaihdettavat osat
Teräsranka	Kipsilevy 2x13mm Teräsranka k600 Mineraalivilla – 70mm	Keskimääräistä edustavat tyypilliset tuotteet: Keskimääräinen kivivillaeristelevy (One Click LCA), Robust erikoiskova kipsilevy (Gyproc), Gypsteel ELPR95 (Lundell)	Ei vaihdettavia osia. Arvioinnissa ei huomioitu pintamateriaaleja.
Kertopuuranka	Kipsilevy 2x13mm, Puuranka 98mm k600, Mineraalivilla 100mm	Keskimääräistä edustavat tyypilliset tuotteet: Keskimääräinen kivivillaeristelevy (One Click LCA) Robust erikoiskova kipsilevy (Gyproc), Kuivattu sahatavara (Puutuoteteollisuus)	Ei vaihdettavia osia. Arvioinnissa ei huomioitu pintamateriaaleja.
KAHI-seinä (märkätilat)	Tasoite 2 x 2,4kg, Kahi-ponttiharkko 85mm, Laasti 1,7kg	Keskimääräistä edustavat tyypilliset tuotteet: Tasoite (Weber), Kahi-ponttiharkko 8,0kg/kpl (Weber), Laasti 0,1kg/harkko (Weber)	Ei vaihdettavia osia. Arvioinnissa ei huomioitu pintamateriaaleja.

4.7.2 Arviointitulokset

	Teräsrankainen väliseinä	Kertopuurankainen väliseinä	KAHI-väliseinä
Elinkaaren vaihe	kgCO2e/m2	kgCO2e/m2	kgCO2e/m2
A1-A3 Materiaalit	11	12	19,5
A4 Kuljetus	0,1	0,1	0,4
B4-B5 Osien vaihto	0	0	0
C1-C4 Elinkaaren loppu	0,5	1,5	0,5
Koko elinkaari	11,6	13,6	20,4



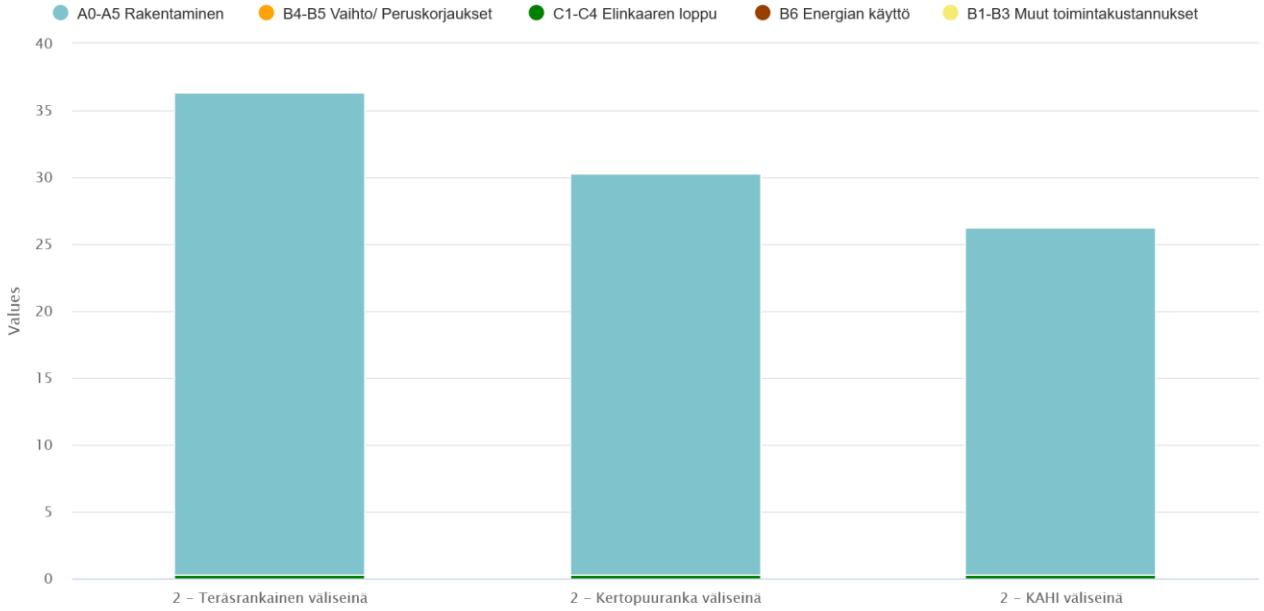
Elinkaaren hiilijalanjälki 50 vuoden elinkaarella kg2e/m2/vuosi

- KAHI-seinän osalta tulokset eivät ole vertailukelpoiset, sillä sen käyttötarkoitus on erilainen
- Väliseinissä ei ole huomioitu pintamateriaaleja
- Erot päästöissä tulevat eroista käytettyjen materiaalien valmistuspäästöissä materiaaleissa.
- On huomioitava, että teräsrangan laskennassa on käytetty tiettyä määriteltyä tuotetta, eli Gypsteel teräsrankaa, jonka materiaalin menekki on pienempi, kuin tavanomaisessa teräsrangassa. Muilla teräsrangoilla tulos saattaisi poiketa merkittävästi.

4.7.3 Elinkaarikustannukset

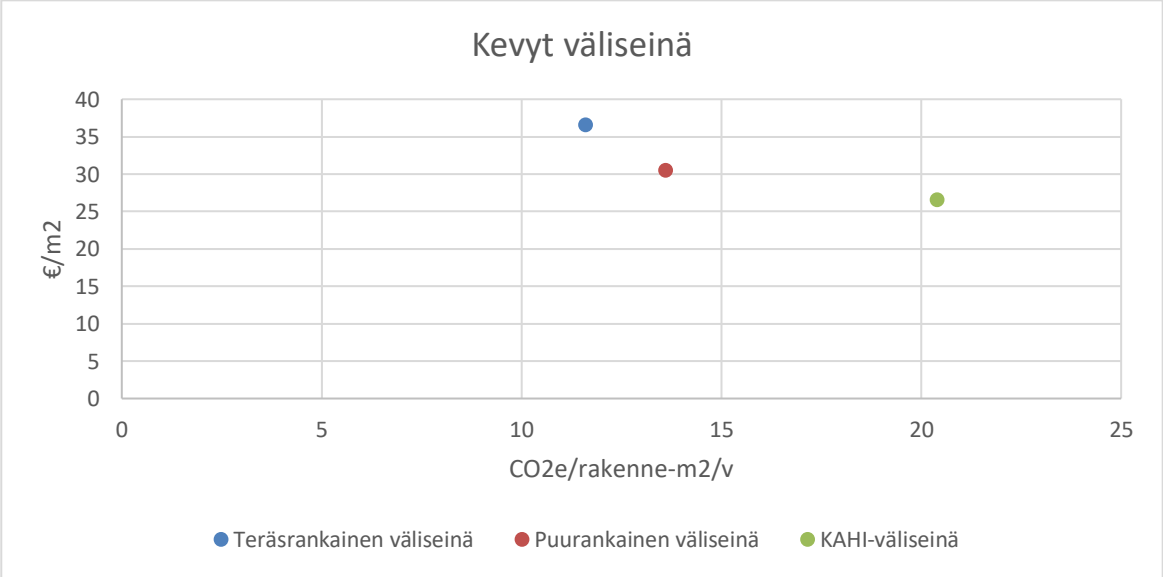
	Kustannustietojen oletukset & lähteet	Investointikustan-nukset (€/m2)
Teräsrankainen väliseinä	Kipsilevy, teräsranka, mineraalivilla (RT-kustannuslaskentaohjelma, keskimääräistä edustavat tuotteet), elinkaaren loppu (One Click LCA)	37
Kertopuurankainen väliseinä	Kipsilevy, puurunko, mineraalivilla (RT-kustannuslaskentaohjelma, keskimääräistä edustavat tuotteet), elinkaaren loppu (One Click LCA)	31
KAHI-väliseinä	KAHI-ponttiharkko, laasti, tasoite (RT-kustannuslaskentaohjelma, keskimääräistä edustavat tuotteet), elinkaaren loppu (One Click LCA)	27

	Teräsrankainen väliseinä	Kertopuurankainen väliseinä	KAHI-väliseinä
Elinkaaren vaihe	€/m2	€/m2	€/m2
A1-A5 Materiaali, kuljetus ja rakentaminen	36	30,00	26,00
B3 Huoltotyöt ja vaihdot	0,00	0,00	0,00
C1-C1 Elinkaaren loppu	0,5	0,5	0,5
Kustannukset yhteensä	36,5	30,5	26,5



Elinkaarikustannukset 50 vuoden elinkaarella €/m2

- Väliseinissä ei ole huomioitu pintamateriaaleja
- Erot kustannuksissa tulevat eroista käytettyjen materiaalien investointikustannuksista.
- Tulosten vertaileminen ei KAHI-seinän osalta ole järkevää, sillä sen käyttötarkoitus ja rakenne eroavat merkittävästi muista väliseinävaihtoehdoista



Rakennevaihtoehtojen kustannus/päästö -vertailu

4.8 Energiatehokkuus

4.8.1 Lähtötiedot ja oletukset

Energiatehokkuuden osalta arvioitiin karkeasti miten rakennuksen elinkaaren hiilipäästöihin ja kustannuksiin vaikuttaisi, mikäli rakennus olisi rakennettu määräystasoa vastaavaksi, eikä parempaan A-energialuokkaan. Uusien rakennuksien E-luvun vaatimustaso on maksimissaan 100, kun rakennuksen suunniteltu e-luku on 84.

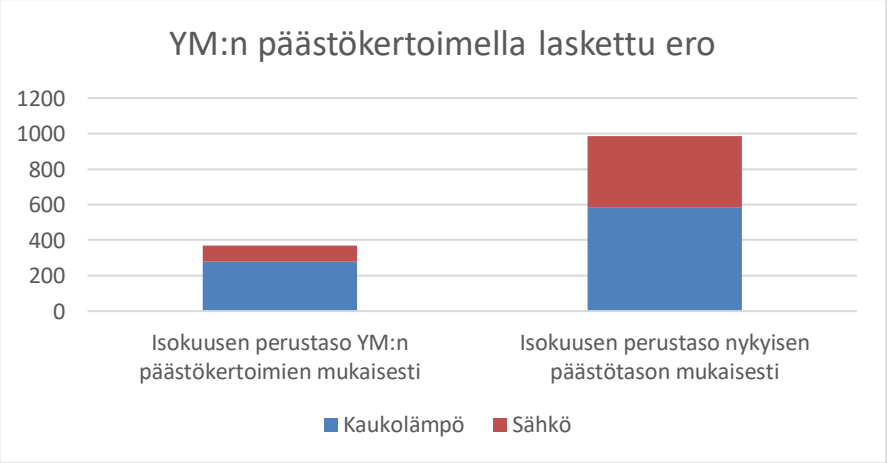
Alla olevassa taulukossa on esitetty keskeisiä energiatehokkuuteen vaikuttavia parametreja, sekä mahdollinen skenaario siitä, millä parametreilla rakennuksen energiatehokkuus olisi ollut lähempänä määräystasoa.

	Energiatehokkuus	Minimitasoa vastaava energiatehokkuus	Raja-arvoja
Ilmanvuotoluku	1 m3/h,m2	1m3/h,m2	
LTO vuosihyötysuhde	77,5%	70%	
Ilmanvaihdon SFP	1,6	1,8	Jos rakennuksessa on koneellinen ilmanvaihtojärjestelmä, voi koneellisen tulo ja postoilmajärjestelmän ominaissähköteho olla enintään 1,8 kW/(m3/s)
Tarpeenmukainen ilmanvaihto	Kyllä	Osassa rakennusta	
Ikkunan u-arvo	1	1	1
Ulkoseinän u-arvo	0,39	0,39	Massiivipuuseinä, jonka keskimääräinen paksuun on vähintään 180mm: 0,4W(m2K)
Yläpohjan u-arvo	0,09	0,09	0,09
Alapohjan u-arvo	0,15	0,15	0,16
E-luku	84	97	100 (Uuden rakennuksen vaatimustaso)

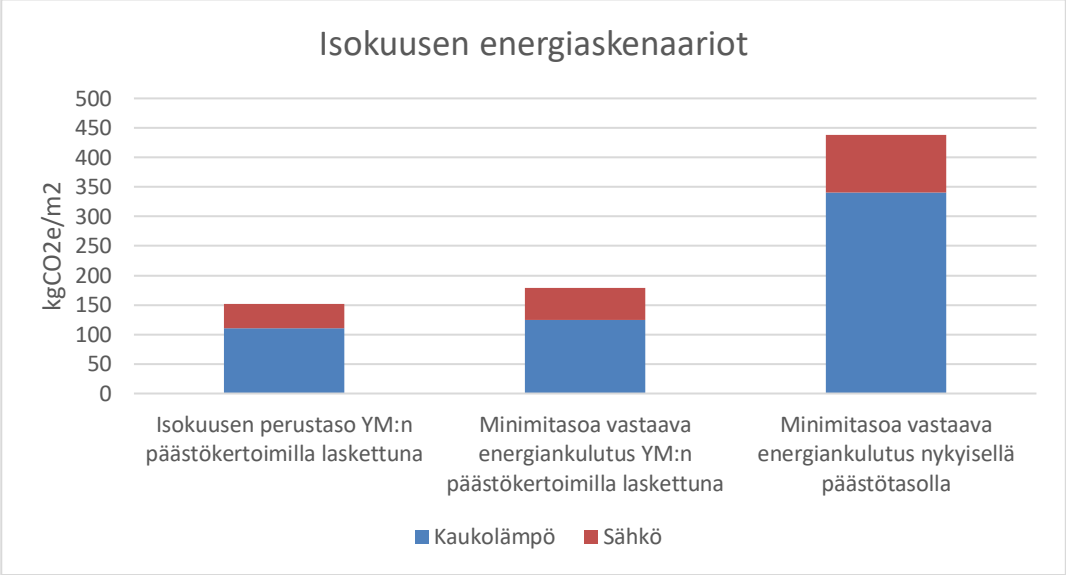
Mikäli LTO-vuosihyötysuhdetta alennettaisiin 70%, tarpeenmukainen ilmanvaihto olisi käytössä vain osassa rakennusta ja ilmanvaihdon SFP nousisi 1,8, saataisiin energiatehokkuuden vertailuluvuksi 97. Näin ollen Isokuusi siirtyisi energialuokkaan B, jonka raja-arvona on 90.

4.8.2 Arviointitulokset

Tulokset on esitetty koko rakennuksen tasolla lämmitettyä nettoalaa kohden. Laitteiden päästöjen oletettiin olevan samat, molemmissa energiatehokkuusluokissa, eikä näitä tämän vuoksi huomioitu laskennassa.



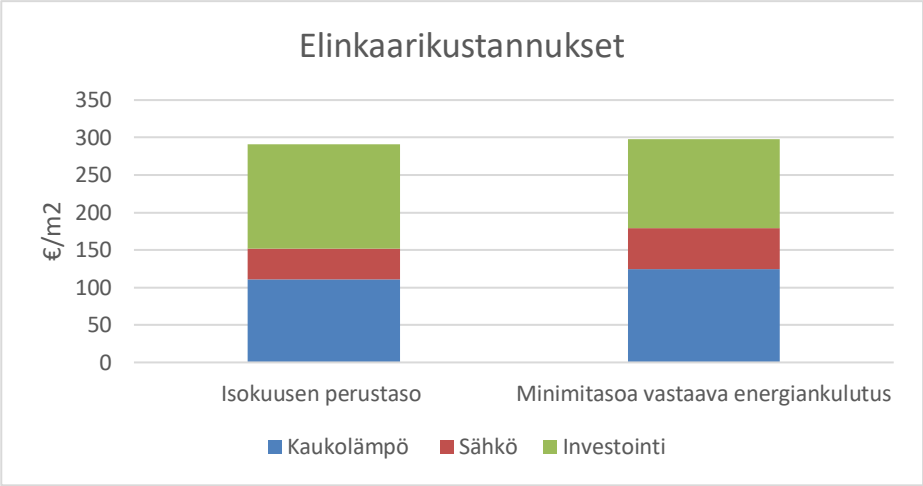
Sähkön kulutus laskettiin ympäristöministeriön menetelmän mukaisella päästökertoimella, jossa on huomioitu skenaariot verkon päästöjen tulevista vähennyksistä. Näiden lisäksi on yllä myös toinen vaihtoehto, jossa kaukolämmön päästöt on laskettu Tampereen energian nykyisen päästötason mukaisesti koko elinkaarelle, sekä sähkö on huomioitu myös nykyisen päästötason mukaisesti.



- YM:n päästökertoimien mukaan lasketussa tuloksessa, sekä kaukolämmön, että sähkön kulutus nousevat energiatehokkuuden heiketessä.
- Nykyisen päästötason mukaan lasketussa vaihtoehdossa päästöt ovat suuremmat, sillä se ei ota huomioon sähköverkkojen päästöjen alenemista seuraavan 50 vuoden aikana, vaan laskee päästöt verkon nykytasolla. Oletus tulevasta vaikuttaa siis huomattavasti päästöjen lopulliseen määrään.

4.8.3 Elinkaarikustannukset

Muutosten vaikutukset investointikustannuksiin arvioitiin karkeasti Finzeb-raporttiin perustuen. Mahdollisia eroja huoltokustannuksissa ei huomioitu skenaarioiden karkeuden vuoksi.



- Investointikustannukset ovat minimitasossa hieman perustasoa pienemmät.
- Kokonaisuudessaan perustason osalta kustannukset jäävät hieman halvemmiksi pienempien päästöjen vuoksi.

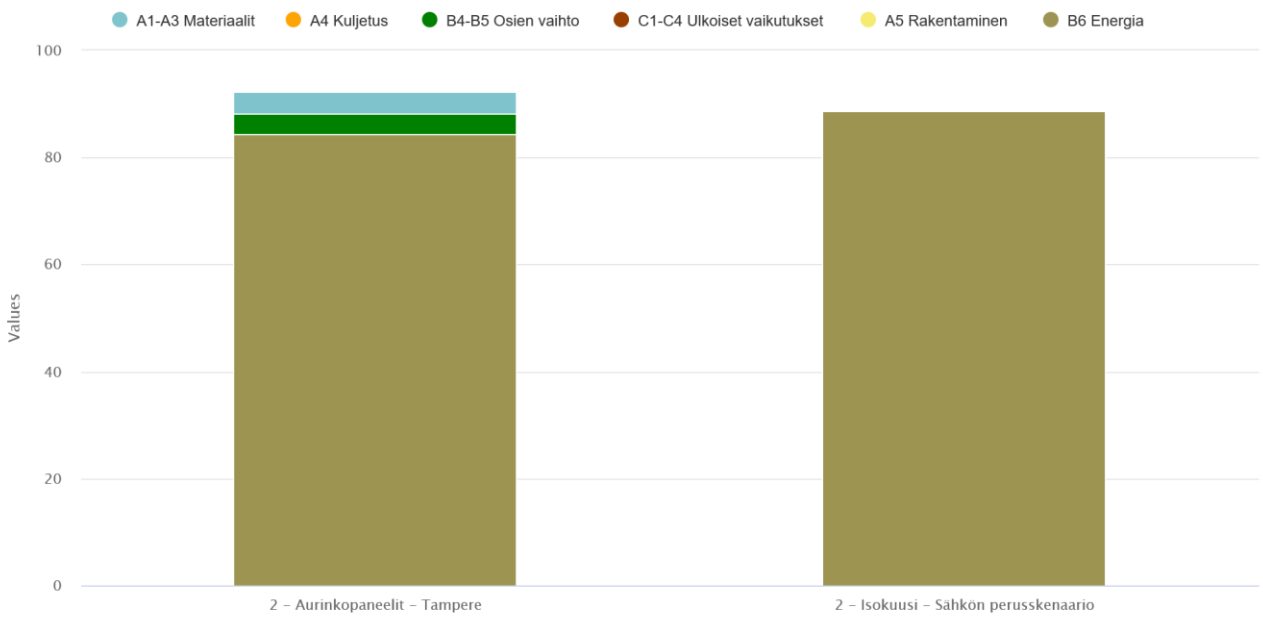
4.9 Aurinkoenergia

4.9.1 Lähtötiedot ja oletukset

	Peak Power	Vuosittainen sähkön tuotanto	Sähkön kulutus	Vaikutus e-lukuun	Kustannukset
Ilman aurinkopaneeleita			111 000 kWh/vuosi	84	Tampereen sähkön hinta (nykyinen): 0,091 €/kWh
Aurinkopaneelit	7	5671,5 kWh	105 329 kWh/vuosi	81	Paneelit: 17,4 €/m2 Tampereen sähkön hinta (nykyinen): 0,091 €/kWh

4.9.2 Arviointitulokset

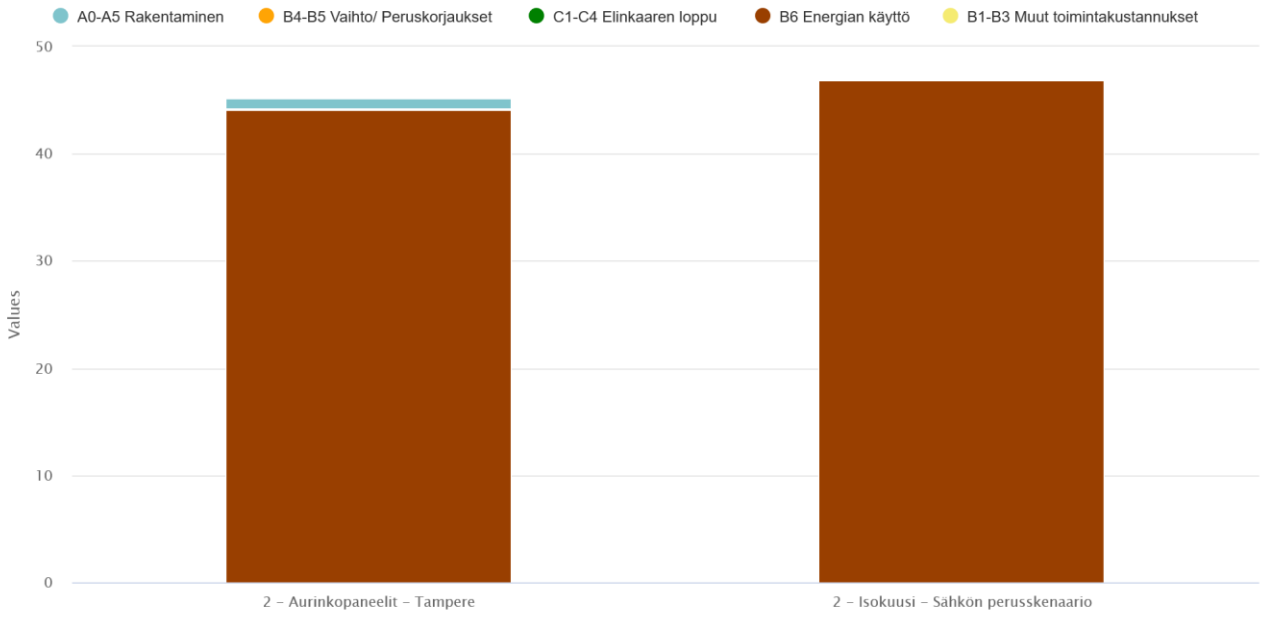
Aurinkopaneelien osalta Peak Poweriksi on oletettu 7 kWp, jonka mukaan laskelmat on tehty. Mitoituksen tarkoituksena on, että järjestelmä ei tuota ylimääräistä sähköä, jota kiinteistö ei pystyisi käyttämään. Järjestelmän suuremmalla mitoituksella olisi mahdollisuus kattaa suurempi osa kiinteistön sähkön kulutuksesta. Aurinkopaneelien määräksi per rakennuksen bruttoneliö, on arvioitu 0,022m2 ja näiden käyttöiäksi on arvioitu 25 vuotta.



- Suuremmalla järjestelmämitoituksella olisi mahdollisuus kattaa suurempi osa kiinteistön sähkön kulutuksesta, jolloin myös energian päästöt pienentyisivät.

4.9.3 Elinkaarikustannukset

Kustannukset on laskettu Tampereen sähkön hinnan mukaan, joka on 9,1 snt/kWh.



- Aurinkopaneelien määrä ja täten myös kustannukset jäävät pieniksi järjestelmän koon vuoksi.
- Suuremmalla järjestelmämitoituksella olisi mahdollisuus kattaa suurempi osa kiinteistön sähkön kulutuksesta ja näin ollen alentaa sähkön kulutuksen kustannuksia.

5. Rakennevertailun tulokset rakennuksen tasolla

Alla olevassa taulukossa on esitetty Isokuusen eri rakenteiden ja näiden vaihtoehtoisrakenteiden neliömäärä rakennuksessa.

Rakenne	Selite	Määrä rakennuksessa (m2)
Julkisivuverhous	Puinen julkisivuverhous. Vaihtoehtoratkaisuina muurattu julkisivu, sekä muurattu julkisivu rappauksella	1553
Ulkoseinä 1	Kantava ja jäykistävä CLT-ulkoseinä. Vaihtoehtoina Puu-ulkoseinä, sekä betoniulkoseinä	1383
Ulkoseinä 2	Kantava ja jäykistävä ulkoseinä märkätiloissa	36
Ulkoseinä 3	Kantava ulkoseinä väestönsuojan kohdalla, betoni	88
Ulkoseinä 4	Kantava ulkoseinä väestönsuojan kohdalla, ohuempi betoni	46
Alapohja 1	Maanvarainen alapohja. Vaihtoehtoina Ryömintätilainen tai maanvarainen betonialapohja, jossa betonissa käytetty kierrätettyjä sementin seosaineita	1505
Alapohja 2	Väestönsuojan alapohja	80
Välipohja 1	LVL-kotelolaatta välipohja. Vaihtoehtona välipohja ontelolaatalla	1131
Välipohja 2	Väestönsuojan välipohja	80
Välipohja 3	Välipohja väestönsuojan vieressä, konehuoneen alla	20
Välipohja 4	Välipohja konehuoneen kohdalla	260
Väliseinä 1	Väestönsuojan väliseinä	52,8
Väliseinä 2	Kantava teräsbetoniväliseinä	224
Väliseinä 3	Kantava ja jäykistävä CLT-väliseinä	1606
Väliseinä 4	Ei-kantava levyväliseinä	1226
Yläpohja	Puinen yläpohja. Vaihtoehtona betoninen välipohja ontelolaatalla	1600
Palkit	Viilupuupalkki	63,88 jm
Pilari	Viilupuupilari	28,5 jm

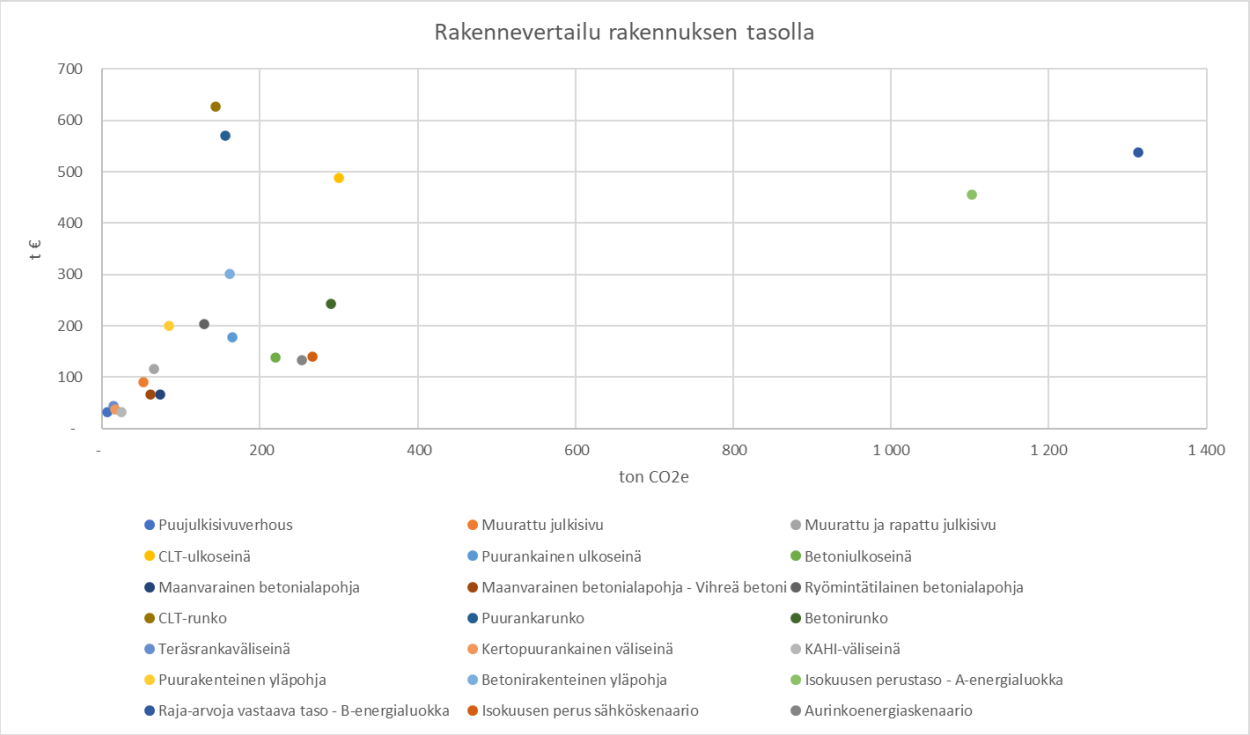
Alla olevat tulokset kuvaavat koko rakenteen CO2e päästöjä tonneissa.

Vaihtoehto	A1-A3 Materiaalit tonCO2e	A4 Kuljetus tonCO2e	B4-B5 Osien vaihto tonCO2e	B6 - Energia tonCO2e	C1-C4 Elinkaaren loppu tonCO2e	Koko elinkaari tonCO2e	Ero perustapaukseen tonCO2e
Puujulkisivuverhous	2		1	-	3	6	0
Muuraus	45	1	4	-	2	52	46
Muuraus + rappaus	57	2	5	-	2	65	59
CLT-ulkoseinä	17	1	-	261	21	300	0
Puurankainen ulkoseinä	45	1	-	113	6	165	-135
Betoniulkoseinä	94	6	-	113	7	220	-80
Maanvarainen betonialapohja	66	3	-	-	5	74	0
Maanvarainen betonialapohja Vihreä betoni	54	3	-	-	5	62	-12
Ryömintätilainen betonialapohja	118	5	-	-	6	129	56
CLT-runko	99	3	-	-	42	144	0
Puurankarunko	119	3	-	-	34	156	12
Betonirunko	258	12	-	-	20	290	146
Teräsrankaväliseinä	13	0,1	-	-	1	14	0
kertopuurankainen väliseinä	15	0,1	-	-	2	17	2
KAHI-väliseinä	24	0,5	-	-	1	25	11
Puurakenteinen yläpohja	69	1	8	-	7	85	0
Betonirakenteinen yläpohja	139	2	8	-	13	162	77
Isokuusen perustaso A-energialuokka	-	-	-	1 102	-	1 102	0
Raja-arvoja vastaava taso B-energialuokka	-	-	-	1 313	-	1 313	211
Perus sähköskenaario	-	-	-	266	-	266	0
Aurinkoenergiaskenaario	0,3	0	0,3	253	-	253	-13

- Suurimmat materiaalipäästöt ovat betonirungolla, johon on laskettu yhteen kantavat väliseinät, pilarit, palkit, sekä välipohjat. Betonirungon päästöt ovat myös huomattavasti suuremmat, kun vertaa tätä perustapaukseen (CLT-runko)
- Suurin ero päästöllisesti vaihtoehtoisen ja perustapauksen välillä on Isokuusen energiaskenaarioissa. Raja-arvoja vastaava energiaskenaario on päästöiltään huomattavasti suurempi, kuin A-energialuokan Isokuusi.

Vaihtoehto	A1-A5 Materiaalit, kuljetus ja rakentaminen t€	B3 Vaihto ja peruskorjaukset t€	B6 - Energiankäyttö t€	C1-C4 Elinkaaren loppu t€	Koko elinkaari t€	Ero perustapaukseen t€
Puujulkisivuverhous	26	5	-	0	32	0
Muuraus	89	1	-	1	90	58
Muuraus + rappaus	109	6	-	1	116	84
CLT-ulkoseinä	354	-	130	3	488	0
Puurankainen ulkoseinä	133	-	44	1	177	-310
Betoniulkoseinä	94	-	44	1	138	-349
Maanvarainen betonialapohja	66	-	-	1	67	0
Maanvarainen betonialapohja Vihreä betoni	66	-	-	1	67	0
Ryömintätilainen betonialapohja	202	-	-	2	203	136
CLT-runko	622	-	-	5	627	0
Puurankarunko	566	-	-	5	571	-56
Betonirunko	241	-	-	2	243	-384
Teräsrankaväliseinä	44	-	-	1	45	0
kertopuurankainen väliseinä	37	-	-	1	37	-7
KAHI-väliseinä	32	-	-	1	32	-12
Puurakenteinen yläpohja	176	22	-	2	200	0
Betonirakenteinen yläpohja	277	22	-	2	302	102
Isokuusen perustaso A-energialuokka	417	-	455	-	455	0
Raja-arvoja vastaava taso B-energialuokka	355	-	538	-	538	83
Perus sähköskenaario	-	-	141	-	141	0
Aurinkoenergiaskenaario	0,1	0,01	132	-	133	-8

- Absoluuttisesti suurimmat kustannukset ovat rungolla, joka on neliömäärältään myös muita rakenneosia suurempi.
- Suurimmat erot perustapaukseen ovat ulkoseinillä, joissa sekä CLT:n hinta materiaalina, että pienemmät energiakustannukset laskevat huomattavasti vaihtoehtoisten ratkaisujen kustannuksia verrattuna perustapaukseen
- Kustannusten osalta pienin merkitys vaihtoehtojen välillä on kevyillä väliseinillä.



Rakennevertailu rakennuksen tasolla – Kustannus/päästövertailu

6. Rakennustason vertailu

Rakennustason vertailu toteutettiin Isokuusen rakennepiirrustusten, rakennussuunnitelmien, sekä määräluetteloiden perusteella. Rakennuskohtaista hiilijalanjälkeä laskiessa, huomioon otettiin talotekniikan, sekä rakenneosien lisäksi perustuksen, sekä piha-alueen asfaltointi ja varasto rakennukset ja katokset. Laskennassa ei huomioitu ulkoportaita, eikä kiintokalusteita.

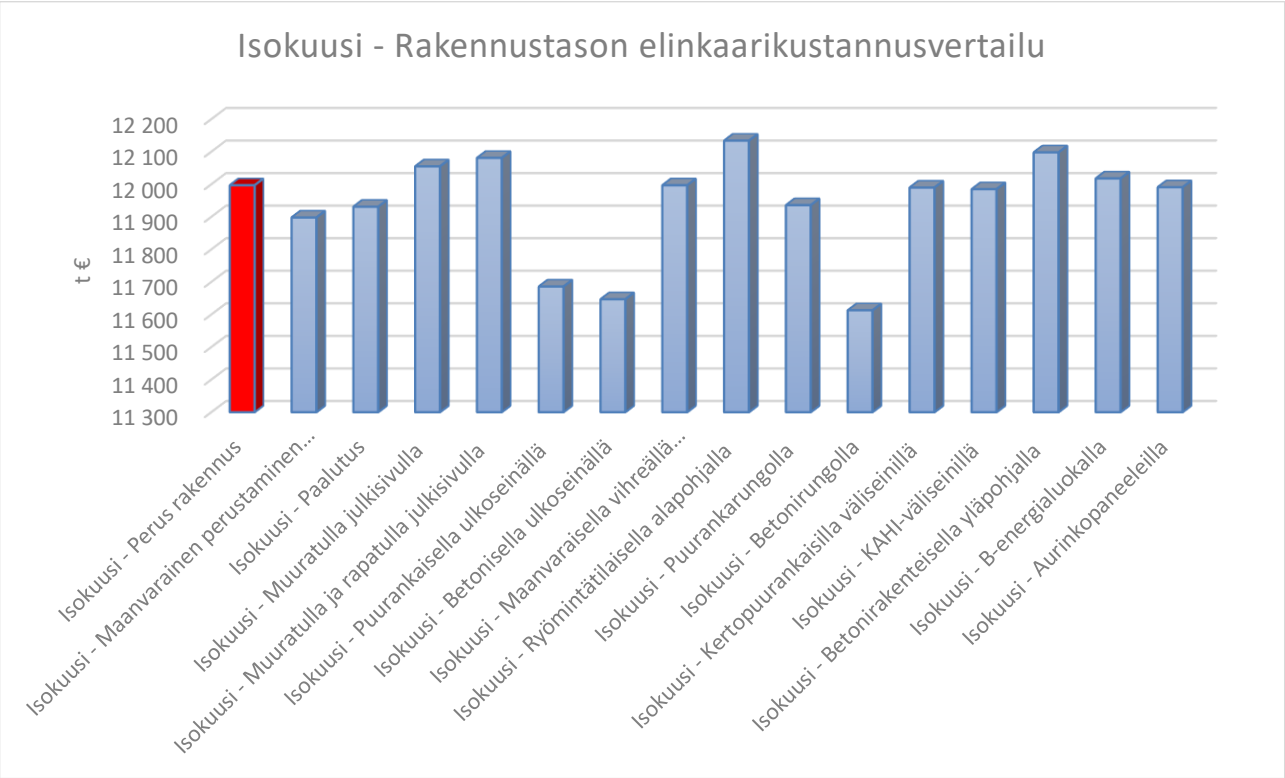
6.1 Rakennustason hiilijalanjälkivertailu

Alapuolella olevassa kuviossa esitellään erilaisten rakennevertailussa läpikäytyjen rakenne- ja energiavaihtoehtojen merkitystä koko rakennuksen tasolla. Punaisella osoitettu palkki merkitsee Isokuusen rakennusta perustasolla, jolloin huomioon on otettu Isokuusen suunniteltujen materiaalien ja ratkaisuiden tiedot. Sinisellä merkitään vaihtoehtoja, joita arvioinnissa on käyty läpi rakennetasolla.

- Suurin merkitys koko rakennuksen hiilijalanjäljen pienentämisen kannalta, olisi rakenteista puurankaisella ulkoseinällä. Tämä selittyy puurankaisen ulkoseinän materiaalivalinnoilla, sekä kaukolämmön pienemmällä kulutuksella verrattuna CLT-ulkoseinään.
- Suurin merkitys hiilijalanjälkeä kasvattavana on kohteen energiatehokkuuden huonontamisella ja energialuokan pudottamisella B-luokkaan. Tämä selittyy huomattavasti korkeammilla kaukolämmön ja sähkön kulutuksilla.

6.2 Rakennustason elinkaarikustannusvertailu

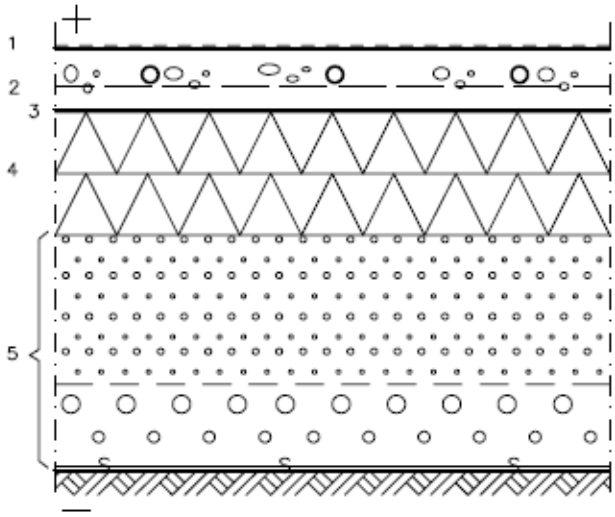
Alapuolella olevassa kuviossa esitellään erilaisten rakennevertailussa läpikäytyjen rakenne- ja energiavaihtoehtojen merkitystä elinkaarikustannuksiin koko rakennuksen tasolla. Punaisella osoitettu palkki merkitsee Isokuusen rakennusta perustasolla, jolloin huomioon on otettu Isokuusen kohteeseen suunniteltujen ratkaisujen tiedot. Sinisellä merkitään vaihtoehtoja, joita arvioinnissa on käyty läpi rakennetasolla.



- Suurin merkitys kustannuksia alentavana on betonisella rungolla, joka selittyy sen materiaalivalinnoilla. Muita merkittäviä elinkaarikustannusten säästöjä voidaan saavuttaa ulkoseinävalinnoilla, joissa vaikuttavat sekä kaukolämmön käytön väheneminen, että materiaalien kustannukset.
- Suurin merkitys elinkaarikustannusten kasvattamiseen on ryömintätilaisella alapohjalla. Tämä selittyy ryömintätilaisen alapohjan suurempina materiaalimäärinä, joka kasvattaa ratkaisun kustannuksia huomattavasti.

Liite 1: Rakennevertailun rakennetyypit

SWECO Sustainable engineering and design	SWECO RAKENNETEKNIIKKA Oy HATANPÄÄN VALTATIE 11 33100 TAMPERE PUH. 0207 392 200 www.sweco.fi	SUUNN. TYÖN NRO 22707174 PVM. . PIIRTÄJÄ FIPKOK	AP1	MITTAKAAVA 1:10 MUUTOS
KOHDE ISOKUUSEN PÄIVÄKOTI JA KOULU		SISÄLTÖ Maanvaraiset lattiat yleensä Kuivat tilat		



1 Tasoite > 5 mm + Pintakäsittely huoneselostuksen mukaan

100 mm 2 Teräsbetonilaatta BY 45 (2014) luokka A–3–I, betoni C25/30, hiottu pinta
raudoitus: verkko 6–150 B 500 K
Tiiliväliseinien alla lisäverkkokaista 6–150 b=750
Suositellaan käytettäväksi nopeasti kuivuvaa NP– betonia, jossa vesisideainesuhde on mahdollisimman alhainen (v/s = 0,5)

3 Suodatinkangas, käyttöluokka N1

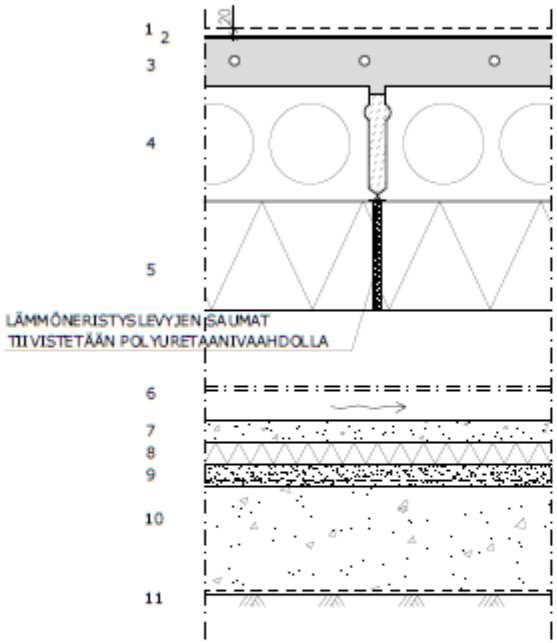
100+100 mm 4 Lämmöneriste umpisoluinen polystyreeni, (lambda design=0,033), Päällekkäisten levykerrosten saumat eri kohtiin
* päällimmäinen eristekerros kokonaan EPS 200 Lattia
* tiiliseinien ja CLT–seinien alle sekä iv– koneiden alle molemmat kerrokset EPS 300 Lattia
* alempi eristekerros muualla EPS 100 Lattia

5 Täytöt kts. GEO–suunnitelmat

TYÖOHJEET JA TOIMENPITEET:
- maanvaraisen lattian alle asennetaan radon–putkitukset ja kaikki liittymät ja läpimenot tiivistetään rakennepiirustusten mukaan.
- betonin rakennekosteuden on annettava poistua ennen pintamateriaalin asennusta. Betonin suhteellinen kosteus enintään Rh< 85 % (mittaus 36 mm syvyydeltä).
- alustalle asetettavat vaatimukset on lisäksi tarkastettava ko. pinnoitteen asennusohjeista. Materiaalien (tasoitteet, liimat) yhteensopivuus tulee tarkastaa.
- sepelikerrokseen asennettavien viemäriputkien ympärille tehdään suojakerros (> 70 mm) kivettömästä hiekasta, ympärille suodatinkangas N1.
- laatta irroitetaan kantavista pystyrakenteista ja jaetaan liikuntasaumoilla osiin rakennepiirustusten mukaan. Laatan pintahierto lattiamateriaalin mukaan.

LÄMMÖNLÄPÄISYKERROIN:
0,15W/m²K (reuna–alue) YM asetus 1010/2017: vertailuarvo 0,16W/m²K
0,12W/m²K (sisäalue)

Suunnittelija	Työnumero		AP 1
RAMBOLL Pt. 718, Pakkahuoneenaukio 2 33101 Tampere Puh. 020 755 611	1510047410	Piirtäjä / Tekijä TNIP	
Rakennuskohde Pellervon päiväkoti ja koulu	Sisältö ALAPOHJA RYÖMINTÄTILAA VASTEN KUIVAT HUONETILAT sivu 1/2		



	1	Pintamateriaali tai -käsittely rakennus-/huoneselostuksen mukaan.
>5 mm	2	Matala-alkalinen tasoite (pH < 11) liimattavien lattiapäällysteiden kohdalla.
110 mm	3	Teräshierretty, kuituvahvistettu tasausbetoni, (kuitumäärä valmistajan mitoituksen mukaan), - laatuluokitus BY 45 2018 A-3-III (päällystettävät lattiat, sisätilat) - rasitusluokka XC1 (BY 65 2016) lattialämmitysputket LVI-suunnitelmien ja lattialämmitysjärjestelmä-toimittajan työselostuksen mukaan
	4-5	Lämmöneristetyt ontelolaatat rakenneplirustusten mukaan. Eristeenä • 170mm Thermisol Platina Ontelo, $\lambda_{D\,mean} \leq$ 0,031 W/mK. Eriste on tehtaalla luotettavasti kiinnitetty laattaan.
≥ 1200 mm	6	Tuuletustila, tuuletus ja ilman kuivatus LVI - suunnitelmien mukaan (sokkelissa korvausilmaputket). Ryömintätilan lämpötilan oltava ≥ +2 °C.

Suunnittelija	Työnumero		AP 1
RAMBOLL Pt. 718, Pakkahuoneenaukio 2 33101 Tampere Puh. 020 755 611	1510047410	Piirtäjä / Tekijä TNIP	
Rakennuskohde Pellervon päiväkoti ja koulu	Sisältö ALAPOHJA RYÖMINTÄTILAA VASTEN KUIVAT HUONETILAT sivu 2/2		

50...100 mm	7	Sora.
50 mm	8	EPS 120 Routa eristyslevy, tai vastaava
50 mm	9	Tasaushiekka.
>300mm	10	Kapillaarikatkosepeli. Suodatinkangas N2 sepelin päällä
	11	Perusmaa, kallistus salaojiin 1:50/täyttö, ks. pohjarakennussuunnitelmat Suodatinkangas N2 perusmaan päällä

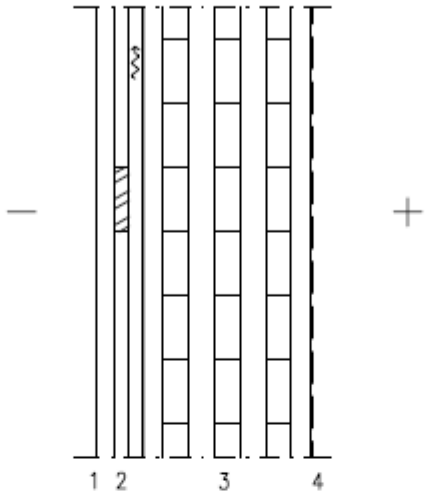
Toteutus- ja suunnitteluohjeet:

- ryömintätilaan ei saa jättää mitään mätaneviä tai lahoavia materiaaleja
- ryömintätilan seinäliitokset ja putkiläpiviennit tiivistettävä ilmativiiksi
- betonilaatan suurin sallittu kosteuspitoisuus ennen pintamateriaalin asennusta, BY47 kohta 4.3.2 tai materiaalivalmistajan ilmoittama arvo, jos alempi
- sementtiliima hiotaan pois pintalaatasta pinnasta 2 viikon jälkeen valusta, kuivumisen ja mahdollisen tartuntapinnan parantamiseksi
- lattialämmitys LVI-suunnitelmien mukaan
- palkkien ja reunavalujen kohdat eristetään 200 mm EPS 60S eristelevyillä. Laipalliset rst-kiinnikkeet Ø4,0 4 kpl/m²
- peruspilarit ja sokkelin sisäpinnat eristetään 100 mm EPS 60S eristelevyillä
- humusmaa poistetaan ennen kapillaarikatkosepelikerroksen asennusta
- tasausbetonin teko-ohjeet:
  - elementin pinnan oltava puhdas tartuntaa heikentävistä epäpuhtauksista pöly, öljy yms.
  - tartuntaa voidaan parantaa tarvittaessa muovidispersioaineilla
  - elementin pinta ei saa olla liian kuiva, eikä sen päällä saa olla vettä, liian kuiva pinta on kasteltava 1 vrk ennen pintavalua, pinnan tulee olla "mattakostea"
  - lattialämmitysputket LVI-suunnitelmien ja lattialämmitysjärjestelmä-toimittajan työselostuksen mukaan, lattialämmitysputket kiinnitetään asennuslistalla
  - elementin pinnan lämpötila tulee olla yli +5 °C
  - betonin harjaus pintaan työn edetessä

Lämmönläpäisykerroin: U = 0,17 W/m²K

Suunnittelukäyttöikä: 100 v.

SWECO Sustainable engineering and design	**SWECO RAKENNETEKNIIKKA Oy** HATANPÄÄN VALTATIE 11 33100 TAMPERE PUH. 0207 392 200 www.sweco.fi	SUUNN. TYÖN NRO 22707174 PVM. . PIIRTÄJÄ FIPKOK	US1	MITTAKAAVA 1:10 MUUTOS
KOHDE ISOKUUSEN PÄIVÄKOTI JA KOULU		SISÄLTÖ Kantavat ja jäykistävät ulkoseinät Kuivat tilat		



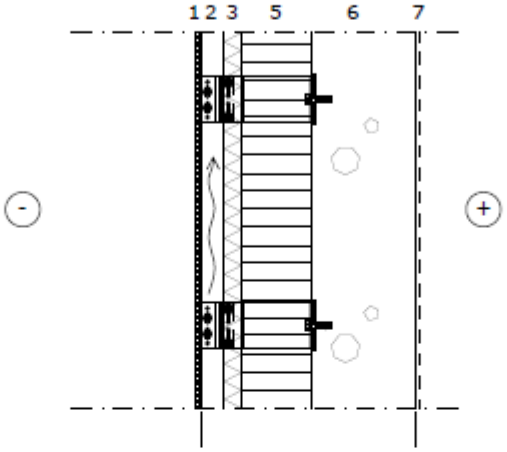
	1	Pintakäsittely rakennusselostuksen mukaan
72 mm	2	Julkisivuverhous – julkisivulaudat 28 mm arkkitehtisuunnitelmien mukaan – ristikoolaus, laudat 22x100 K600, kiinnitys CLT–runkoon, koolausten järjestys julkisivulaudoituksen suunnan mukaan
260 mm	3	Kantava rakenne, CLT 260 tuoteosasuunnitelmien mukaan CLT–elementtien saumat tiivistetään rakennesuunnittelijan ja valmistajan ohjeiden mukaan
	4	Pintakäsittely huoneselostuksen mukaan

TYÖOHJEET JA TOIMENPITEET:

- CLT– seinän liitokset valmistajan ohjeen mukaan
- seinien tukirakenteet rakennesuunnitelmien mukaan
- ikkunoiden karmivälien eristys ja tiivistys erikoispiirustuksen mukaan
- seinärakenteet on suojattava kasturniselta koko rakennustyön ajan.

LÄMMÖNLÄPÄISYKERROIN:	~0,39W/m²K	YM asetus 1010/2017:	vertailuarvo 0,40W/m²K
ÄÄNENERISTÄVYYS:	–	YM asetus 796/2017:	–
PALONKESTÄVYYS:	R30	YM asetus 848/2017	vaatimus R30

Suunnittelija	Työnumero		US 1
RAMBOLL PL 718, Pakkahuoneenaukio 2 33101 Tampere Puh. 020 755 611	1510047410		
	Päiväys	Tekijä TNIP	
Rakennuskohde Pellervon päiväkoti ja koulu	Sisältö Kuitusementtilevyverhottu julkisivu, sisäkuorielementit		



	1	Kuitusementtilevy rakennusselostuksen mukaan
40 mm	2	Tuuletettu ilmarako + profiilikiskot MFT-L/T pystyyn verhouksen vaatimalla jaolla
30 mm	3	Tuulensuoja: mineraalivilla $\lambda_{Design} \leq$ 0,036, eristelevyjen kiinnitys Vilpa Croco tai Wurth W-EK >4kpl/m2, saumaus tyyppihyväksynnän mukaan järjestelmään kuuluvalla saumausteipillä, pintaluokitus A2-s1,d0
120 mm	3	Kingspan Therma TW58 tai palo- ja eristysarvoiltaan vastaava PU-eriste. Julkisivuranka HILTI EUROFOX (MFI 185 M 11) k600
180 mm	4	Teräsbetoniseinä rakennepiirustusten mukaan, paloluokka R60, ellei toisin mainittu.
	5	Pintamateriaali tai -käsittely rakennus-/huoneselostuksen mukaan

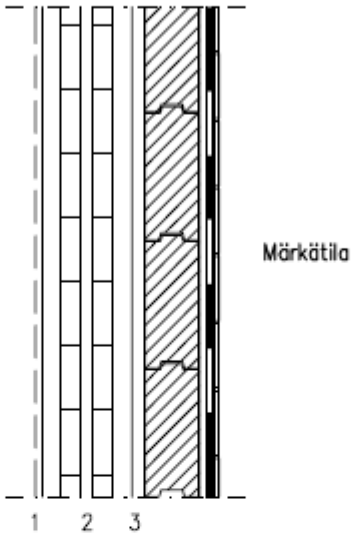
U-arvo: 0,17 W/m2K
Palonkestoluokka: EI60

Suunniteltu käyttöikä 100 vuotta (sisäkuorielementti)

TOTEUTUS- JA SUUNNITTELUOHJEET:

- Lämmöneristyslevyt kiinnitetään mekaanisilla kiinnikkeillä.
- PU-eristeen asennus, saumaus ja kiinnitys sisäkuoreen tuotevalmistajan ohjeiden mukaan
- Julkisivurangan asennus ja kiinnitys sisäkuoreen tuotevalmistajan ohjeiden mukaan

SWECO Sustainable engineering and design	**SWECO RAKENNETEKNIIKKA Oy** HATANPÄÄN VALTATIE 11 33100 TAMPERE PUH. 0207 392 200 www.sweco.fi	SUUNN. TYÖN NRO 22707174 PVM. . PIIRTÄJÄ FIVILE	VS8	MITTAKAAVA 1:10 MUUTOS
KOHDE ISOKUUSEN PÄIVÄKOTI JA KOULU		SISÄLTÖ Kantavat ja jäykistävät väliseinät WC / märkäeteinen kuiva tila/märkätila		



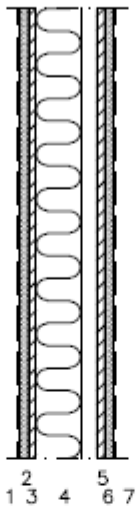
	1	Pintamateriaali ja –käsittely huoneselostuksen mukaan
140 mm	2	Kantava rakenne, CLT 140 tuoteosasuunnitelmien mukaan
20 mm	3	Ilmaväli, avataan viereisiin kuiviin tiloihin
85 mm	4	Kahi–ponttiharkko, ohutsaumamuuraus valmistajan ohjeiden mukaisesti kiinnitys rst–siteillä, 4 kpl/m2 puurunkoon
	5	Vedenkestävä tasoite valitun vedeneristysjärjestelmän mukaan
	6	Telattava vedeneristysmassa valmistajan ohjeiden mukaisesti, sertifioitu tuote
	7	Laatoitus huoneselostuksen mukaan, , laattojen kiinnitys vedenkestävällä kiinnityslaastilla vedeneristysjärjestelmän valmistajan ohjeen mukaan

TYÖOHJEET JA TOIMENPITEET:

- liittymät muihin rakenteisiin tiivistetään huolella äänivuotojen estämiseksi
- seinärakenteet on suojattava kastumiselta koko rakennustyön ajan.

LÄMMÖNLÄPÄISYKERROIN:	–	YM asetus 1010/2017:	–
ÄÄNENERISTÄVYYS:	DnT,W=44 dB	YM asetus 796/2017:	min 44 dB
PALONKESTÄVYYS:	R30	YM asetus 848/2017	vaatimus R30

SWECO Sustainable engineering and design	**SWECO RAKENNETEKNIIKKA Oy** HATANPÄÄN VALTATIE 11 33100 TAMPERE PUH. 0207 392 200 www.sweco.fi	SUUNN. TYÖN NRO 22707174 PVM. . PIIRTÄJÄ FITMOI	VS14	MITTAKAAVA 1:10 MUUTOS
KOHDE ISOKUUSEN PÄIVÄKOTI JA KOULU		SISÄLTÖ Ei–kantavat väliseinät Tsto–, kokous– ja ryhmähuoneet sekä niihin verrattavat kuivat tilat		



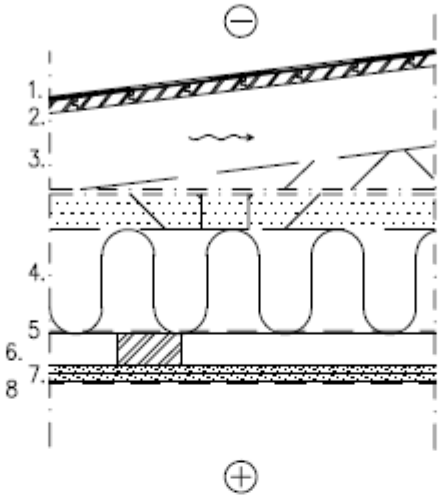
	1	Pintamateriaali ja –käsittely huoneselostuksen mukaan
13 mm	2	Erikoiskova kipsilevy (A2–s1,d0), Gyproc GR13
12 mm	3	Havuvaneri
95 mm	4	Teräsranka Gypsteel ELPR95–k600, mineraalivilla 70mm
12 mm	5	Havuvaneri
13 mm	6	Erikoiskova kipsilevy (A2–s1,d0), Gyproc GR13
	7	Pintamateriaali ja –käsittely huoneselostuksen mukaan

TYÖOHJEET:

- seinän maksimi korkeus 6100 mm.
- laatoitetuilla alueilla runkojako K400

LÄMMÖNLÄPÄISYKERROIN:	–	YM asetus 1010/2017:	–
ÄÄNENERISTÄVYYS:	DnT,W=48 dB	YM asetus 796/2017:	min 48 dB
PALONKESTÄVYYS:	–	YM asetus 848/2017	–

SWECO Sustainable engineering and design	**SWECO RAKENNETEKNIIKKA Oy** HATANPÄÄN VALTATIE 11 33100 TAMPERE PUH. 0207 392 200 www.sweco.fi	SUUNN. TYÖN NRO . PVM. . PIIRTÄJÄ .	YP1	MITTAKAAVA 1:10 MUUTOS .
KOHDE .		SISÄLTÖ Yläpohja, huopakate Paloalapaarre		



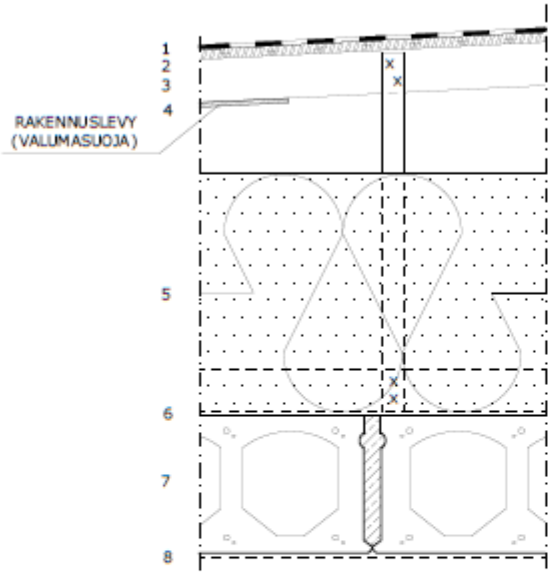
		1	Vedeneriste, luokka VE 40, kumibitumikermeistä, Broof(t2)
23	mm	2	Raakaponttilaudoitus 23x95 rakennepiirustusten mukaan tai kosteudenkestävä, homesuojattu vesikattovaneri t= 19 mm
		3	Tuuletusväli, kantavana rakenteena NR–ristikot
500	mm	4	Eriste Paroc eXtra väh. alapaarteen yläpintaan asti (0,036 W/(m²K)), (A1–s1, d0) – muualla puhallusvilla
0,2	mm	5	Höyrynsulkumuovi, saumat limitetään >200 mm ja teipataan koolauksen kohdalla
48	mm	6	Koolaus 48x98 k400
26	mm	7	Sisäverhouslevyt 2x GN13
		8	Pintakäsittely, huoneselostuksen mukaan

TOTEUTUS– JA SUUNNITTELUOHJEET

- Rakenteet on suojattava kasturniselta koko rakennustyön ajan.
- Tuuletus rakennesuunnittelijan ohjeen mukaan
- Puhallettavan lämmöneristeen painuminen on otettava huomioon.
- Höyrynsulkumuovin tiivistys rakennesuunnitelmien mukaan
- Ristikoiden alapaarre palomitoitetaan R30 ullakon palotilanteessa

LÄMMÖNLÄPÄISYKERROIN:	~0,09W/m²K	YM asetus 1010/2017:	vertailuarvo 0,09W/m²K
ÄÄNENERISTÄVYYS:	–	YM asetus 796/2017:	–
PALONKESTÄVYYS:	REI30	YM asetus 848/2017	vaatimus REI30

Suunnittelija	Työnumero		YP 1
RAMBOLL Pt. 718, Pakkahuoneenaukio 2, 33101 Tampere, Puh. 020 755 611	1510047410	Tekijä: TNIP	
Rakennuskohde: Pellervon päiväkoti ja koulu	Sisältö: Yläpohjat yleensä, sivu 1/2		



1 Vedeneristys, tyyppi VEB0 (TL2+TL2), palo B_{roof} (t2), kiinnitys alustaan vedeneristystyypin ohjeiden mukaisesti

23 mm — 2 Raakapontti 23x95, jokainen lauta naulataan kahdella naulalla kiinni jokaiseen vasaan käyttäen vähintään 70 mm kuumasinkittyjä nauloja

3 Tukirakenteen yläpaarre 100x50 k ≤ 900, räystäillä 125x50 (räystäspituus ?)

4 Tuuletettu ilmaväli, jossa vesikaton tukirakenteet rakennepiirustusten mukaan

550 mm — 5 Tyyppihyväksytty tai CE-merkitty puhallettava mineraalivilla- tai selluloosaeriste (λ_{delta} ≤ 0,040 W/m2K)

6 Modifoitu bitumikermi, tuoteluokka BH 1, liimattuna kauttaaltaan alustaan

7 Ontelolaatat rakennepiirustusten mukaan, paloluokka R60, ellei toisin mainittu

8 Pintamateriaali tai -käsittely rakennus-/huoneselostuksen mukaan

U-arvo: 0,09 W/m2K

Suunnittelija	Työnumero		YP 1
RAMBOLL Pt. 718, Pakkahuoneenaukio 2, 33101 Tampere, Puh. 020 755 611	1510047410	Tekijä: TNIP	
Rakennuskohde: Pellervon päiväkoti ja koulu	Sisältö: Yläpohjat yleensä, sivu 2/2		

TOTEUTUS- JA SUUNNITTELUOHEET:

- suuret kattopinnat on jaettava ≤ 2400 m²:n osiin
- ullakot ja yläpohjan ontelot on jaettava ≤ 400 m²:n osiin EI15
- pitkittäissaumoihin ei saa sijoittaa sähkö- yms. putkituksia
- katteen on oltava luokkaa Broof
- tuuletustilan korkeus oltava vähintään 200mm
- villan asentamista varten asennetaan räystäille valumasuojalevyt (esim. Gyproc) 600 mm:n matkalle.
- villan puhalluksessa noudatetaan tyyppihyväksyntäpäätöksessä tai CE-hyväksynnässä annettuja ohjeita, erityisesti painuman / eristepaksuuden suhteen
- kanavat on eristettävä erikseen
- KIINNITYS JA TUULISIDONTA KANTAVAAN RAKENTEESEEN RAKENNESUUNNITELMIEN MUKAAN
- ontelolaataston saumat on valettava täyteen ja saumojen juotokset ja jälkivalut tulee tasoittaa ja puhdistaa huolellisesti ennen höyrynsulun asentamista. Tarvittaessa laataston pinta on tasoitettava.
- kaikki höyrynsulun läpiviennit tiivistetään huolellisesti ko. läpivientiä varten suunnitellulla tavalla

Liite 2: Rakenneosien määriä ja alustavia yksikkökustannuksia

A-INSINÖÖRIT

Isokuusen päiväkoti, uudisrakennus
Rakenneosien määriä ja alustavia yksikkökustannuksia, alv 0 % 19.2.2020 Sivu 1/1

Rakenneosa	määrä	yksikkö	€/m2	€, alv 0 %	kuvaus
US1	1383	m2	320	442 560	Kantavat ja jäykistävät ulkoseinät, pintakäs., js-verhous, CLT elementti, pintakäsittely huones. mukaan
US2	36	m2	420	15 120	Kantavat ja jäykistävät ulkoseinät märkätilat, us-rakenne, ilmaväli, kahipontti, ohutsaumamuur., vedenkest. tasoite, telattava vedener.massa, laatoitus
US4	88	m2	290	25 520	Kantava us VSS kohdalla, pintakäs, js-verhous, ts-levy/huokoinen puukuitulevy, pystyrunko+kivivilla, VSS seinä 300mm pv tai elementti, pintakäs.
US5	46	m2	240	11 040	Kantava us VSS kohdalla, pintakäs, js-verhous, ts-levy/huokoinen puukuitulevy, pystyrunko+kivivilla, VSS seinä 150mm pv tai elementti, pintakäsittely
AP1	1505	m2	140	210 700	mv- lattiat, kuivat tilat, tasoite, TB laatta, suodatinkangas, EPS, täytöt
AP4	80	m2	120	9 600	mv- lattiat VSS, pintamateriaali, tasoite/primerointi, TB laatta, suodatinkangas, EPS, täytöt
VP1	1131	m2	290	327 990	vp, pintamateriaali, tasoitevalu, lattiavalu, LVL kohtelolaatta elementtinä, mineraalivilla, palokipsilevyt, alakatto rakennusselosteen mukaan
VP2	80	m2	220	17 600	**vp, VSS, vedeneristys, elastinen PU pinnoite, TB laatta, suod.kangas, täytekerros vaahtolasimurske, kantava rakenne pv TV laatta, pintamat.**
VP3	20	m2	130	2 600	vp iv-koneh. kohdalla vss vieressä, vedeneristys elastinen Pu-pinnoite, TB-laatta, kantava TB laatta,akustointi
VP4	260	m2	170	44 200	**vp iv-koneh. kohdalla, vedeneristys, elastinen PU pinnoite, TB laatta, kantava rakenne p27 ontelolatat, akustointi ja pintamat-käsittely huones.mukaan**
VS1	52,8	m2	180	9 504	väestönsuojan seinät; pintamateriaali, kantava rakenne 300mm Tbseinä, pintamateriaali
VS2	224	m2	120	26 880	kantavat väliseinät, kuivat tilat,pintamateriaali, kantava rakenne Tbseinä 180/200mm, pintamateriaali
VS3	1606	m2	160	256 960	Kantavat ja jäykistävät valiseinät CLT, kuivat tilat, pintamateriaali, CLT 140mm, pintamateriaali
VS ?	1226	m2	80	98 080	Ei kantavat levyväliseinät
Lasiseinät	ei mitattu				
Siirtoseinät	ei mitattu				
YP1	1600	m2	180	288 000	Yläpohja, huopakate,VE40 bitumikermi, raakaponttilaudoitus/kattovaneri, tuuletusväli, eriste, koolaus, sisäverhouslevyt, pintakäs.
LP palkki 250*400	63,88	jm	120	7 666	
LP pilari 250*250	28,5	jm	80	2 280	

Yksikköhintoihin ei sisälly:
Pintamateriaalit/-käsittelyt, akustoinnit
Työmaan käyttö- ja yhteiskustannus
Kate, muut varaukset

Lähtötietoaineineisto:
Hankesuunnitelman ARK-pohjapiirustukset 1. ja 2. krs, 14.6.2019
Rakennetyypit ja pohjapiirustukset, joissa esitetty käsivaraisesti rakennetyyppien rajaukset (liitteenä)

A-Insinöörit Rakennuttaminen Oy
Sari Loponen