

Eva Tikka, Jari Kuusisto, Juuso Kokkonen, Riku Hirvonen

Ilmastoviisaan koulurakennuksen suunnittelu

Rakennevaihtoehtojen, energiatehokkuuden ja
ympäristöluokituksen arviointiraportti



Julkaisusarja Karelia-ammattikorkeakoulun julkaisu C: Raportteja, 153

Tekijät Eva Tikka, Karelia-ammattikorkeakoulu
Jari Kuusisto, Karelia-ammattikorkeakoulu
Juuso Kokkonen, Karelia-ammattikorkeakoulu
Riku Hirvonen, Karelia-ammattikorkeakoulu

Kansikuva Hilda Weges / Adobe Stock

© Tekijät ja Karelia-ammattikorkeakoulu



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

ISBN 978-952-275-448-6

ISSN 2323-6914

Karelia-ammattikorkeakoulu 2025

Älykäs ja ilmastoviisas rakentaminen -hanke



POHJOIS-KARJALA
Maakuntaliitto



**Euroopan unionin
osarahoittama**

*Raportin s. 33 kaavio 15 on muokattu julkaisemisen jälkeen
30.4.2025 virheellisten asteikkoarvojen vuoksi.*

Sisällys

Tiivistelmä	5
1 Johdanto	7
1.1 Työn lähtökohdat ja rajaukset	7
2 Energiajärjestelmät	10
2.1 Simuloinnit	10
2.2 Energiankulutuksen ja aurinkopaneelijärjestelmän päästöt.....	11
2.3 Talotekniikan elinkaarikustannukset	14
3 Rakenneratkaisut.....	16
3.1 Rakenteiden valintaperusteet.....	17
3.2 Määräarviointi	18
3.3 Hiilijalanjälki.....	21
3.3.1 Valmistuksen päästöt (A1-A3).....	22
3.3.2 Kuljetukset elinkaaren aikana (A4, C2).....	22
3.3.3 Elinkaaren loppu (A5, C2-C4)	24
3.3.4 Työmaatoiminnot (A5)	25
3.4 Rakenteiden kustannuslaskenta	25
3.5 Tulokset rakenteiden tasolla	26
3.6 Tulokset rakennuksen tasolla.....	32
4 Ympäristöluokitukset.....	35
4.1 Yleisimmät sertifikaatit	35
4.1.1 LEED	36
4.1.2 BREEAM.....	37
4.1.3 Joutsenmerkki	38
4.1.4 Rakennustiedon ympäristöluokitus.....	39
4.2 Sertifiointikustannukset	40
4.3 Sertifiointin vaikutukset toteutukseen.....	40
4.4 Ympäristöluokituksen esiselvitys kouluhankkeelle	41
4.4.1 Tavoiteltavat kriteerit	43

5 Johtopäätökset..... 45

Lähteet 48

Liitteet

Liite 1. Tilaohjelma

Liite 2. Energiasimuloinnit

Liite 3. Rakennetyypit

Liite 4. Yläpohjaleikkaukset

Liite 5. Päästö- ja massatiedot

Liite 6. Ympäristöluokituksen esiselvitys

Tiivistelmä

Ilmastonmuutos aiheuttaa haitallisia vaikutuksia jo nyt Suomessa ja globaalisti. Lämpenemisen hidastaminen vaatii akuuttia ilmastopäästöjen leikkaamista läpi toimialojen ja valtioiden. Suomi on sitoutunut osaksi tätä työtä ja tähtää hiilineutraaliuden saavuttamiseen vuoteen 2035 mennessä. Muutokset tututtuihin toimintamalleihin ovat väistämättömiä myös rakentamisen ja rakennusten osalta, sillä niiden on arvioitu tuottavan noin 40 prosenttia globaaleista kasvihuonekaasuista. Karelia-ammattikorkeakoulun toteuttama Älykäs ja ilmastoviisas rakentaminen -hanke pyrkii tarjoamaan ratkaisuja vähähiilisten ja kustannustehokkaiden rakennusratkaisujen tunnistamiseen, erityisesti koulurakennusten kontekstissa. Tässä julkaisussa tarkastellaan ilmastoviisaan koulurakennuksen suunnittelua näkökulmina hiilijalanjälki, kustannukset ja energiatehokkuus.

Rakennusvaiheittain tarkasteltuna tutkimuksessa keskitytään erityisesti hankesuunnitteluvaiheeseen ja mukailaan sen aikana tehtäviä selvityksiä toteutusvaihtoehtoista. Tarkasteltava koulurakennus on 3-sarjainen uudisrakennushanke, joka rakennettaisiin Joensuuhun. Lähtötietona tutkimukseen oli koulurakennuksen tilaohjelma, jonka mukainen nettolaajuus on noin 5400 kem². Tutkimuksen tulosindikaattoreina on hiilijalanjälki, energiankulutus ja kustannukset. Julkaisu on jaettu kolmeen pääosaan, joissa käsitellään energiaratkaisuja, rakennevaihtoehtoja ja ympäristöluokituksia.

Energiaratkaisuiden osalta tarkastellaan energiasimulointeja ja näiden pohjalta määritettyjä energiankulutuksia kymmenelle vaihtoehdolle kauko- ja maalämmöllä, sekä eri tehoisilla aurinkosähköjärjestelmillä. Simulointien tuloksien pohjalta saatiin määritettyä energijärjestelmien käyttö- ja investointikustannukset, energiankulutus ja operatiivinen hiilijalanjälki. Vaihtoehtoista tehokkain on tarkastelujen pohjalta maalämpö, jonka investointikustannukset ovat kaukolämpöä korkeammat, mutta elinkaaripäästöt ja -kustannukset ovat matalammat.

Rakennevaihtoehtojen osalta tarkastellaan rakennuksen neljän runkovaihtoehdon elinkaaripäästöjä ja investointikustannuksia. Runkomateriaalivaihtoehdot ovat puu, betoni, vähähiilinen betoni ja näiden yhdistelmä, eli hybridi. Laskelmien perusteella betonirakenteisessa koulussa investointikustannukset ovat puurakenteista matalammat, mutta hiilijalanjälki on korkeampi. Puuta- ja betonia yhdistelevä hybridirunko osoittautui puolestaan vähähiiliseksi ja kustannustehokkaaksi.

Ympäristöluokitusten osalta tarkastellaan yleisimpiä ympäristösertifikaatteja sekä laaditaan ehdotus siitä, miten kouluhanke voi täyttää Rakennustiedon ympäristöluokitusten vaatimukset. Ympäristösertifikaatti aiheuttaa vaikutuksia suunnitteluun,

rakentamiseen ja rakennuksen käyttöön. Lisäksi ympäristöluokituksessa korostuu sertifiointin mukainen dokumentointi.

1 Johdanto

Karelia-ammattikorkeakoulu toteuttaa Älykäs ja ilmastoviisas rakentaminen -hankkeen tammikuun 2024 ja kesäkuun 2026 välisenä aikana. Hankkeen tehtävänä on edistää tietoon pohjautuvaa ilmastoviisasta rakentamista ja käynnistää tarvittavia kehitysprosseja alueen yrityksissä ja organisaatioissa konkreettisten pilottitoteutuksien avulla. Projektin rahoittaja on Pohjois-Karjalan Maakuntaliitto Euroopan aluekehitysrahastosta (EAKR). Hanke jakautuu viiteen työpakettiin ja tämä julkaisu liittyy hankkeen ensimmäiseen työpaketin toimenpiteisiin. Osana ensimmäisen työpaketin toimintaa hankkeessa pyritään kehittämään kestävän kehityksen mukainen koulukonsepti, joka huomioi erityisesti ekologisen kestävyuden toimitilarakentamisessa.

Tämä tutkimus pyrkii osaltaan tarjoamaan ratkaisuja rakennusten materiaaleista ja käytönaikaisesta energiankulutuksesta aiheutuvien päästöjen pienentämiseksi toimitilarakentamisessa. Rakennusmateriaaleista aiheutuvia päästöjä voidaan pienentää esimerkiksi käyttämällä vähähiilisiä materiaaleja, vähentämällä käytettävien materiaalien määrää sekä uudelleenkäyttämällä rakenneosia toisesta kohteesta. Energiankulutuksen päästöjä voidaan puolestaan pienentää käyttämällä vähemmän energiaa ja valitsemalla vähäpäästöisiä, sekä fossiilittomia energiajärjestelmiä. Julkaisu pyrkii lisäksi tuomaan esille eri valintojen kustannusvaikutukset. Rakennusmateriaalien osalta tarkastellaan investointikustannuksia ja energiaratkaisuiden osalta elinkaarikustannuksia.

Tehokkain tapa vähentää rakentamisesta aiheutuvia päästöjä on hyödyntää olemassa olevia tiloja ja rakentaa uutta mahdollisimman vähän. Olemassa olevissa koulurakennuksissa voi kuitenkin olla puutteita tilojen toiminnallisuuden, sijainnin ja kunnan osalta. Tilat voivat sijaita väärässä paikassa ja niiden energiatehokkuus voi olla heikko. Lisäksi puutteellinen ylläpito ja riskirakenteet voivat tehdä korjauksista riskialttiita ja kalliita, jolloin kustannukset voivat nousta uudisrakentamisen tasolle. Jos päädytään uudisrakentamiseen, se tulisi tehdä elinkaariviisaasti. Elinkaariviisas rakennus on vähähiilinen, energiatehokas, kustannustehokas ja kiertotalousnäkökulmat huomioiva. Opetusrakennusten osalta tilaajalla tulisikin olla motiivi valita elinkaaritehokkaita ratkaisuja, koska he usein maksavat käyttö- ja investointikustannukset.

1.1 Työn lähtökohdat ja rajaukset

Tutkimus ja tämä raportti on jaettu kolmeen pääosaan. Ensimmäisessä osassa käsitellään energiajärjestelmiä, tarkemmin rakennuksen lämmitys- ja aurinkopaneelijärjestelmiä. Tarkastelun kohteena on simuloitu energiankulutus, elinkaarikustannukset ja

hiilijalanjälki energiasimulointien pohjalta. Lähtötietona arviossa on noin 5400 kerrosneliön mukaisen koulun tilaohjelma, eli luettelo kaavailluista tiloista. Tutkimusta varten luotiin tilaohjelman mukainen energiasimulointimalli, jolle tehtiin kymmenen energiasimulointia muuttujien ollessa energiankäyttö ja -tuottojärjestelmät. Vaihtoehtoissa on viisi vaihtoehtoa kaukolämmöllä ja viisi maalämmöllä. Lisäksi mukana on aurinkopaneelijärjestelmä teholtaan 0, 40, 60, 80 tai 100 kWp. Simulointien pohjalta saatiin määritettyä rakennukselle laskennallinen ostoenergiankulutus ja E-luku. Jotta voitaisiin arvioida vaihtoehtojen elinkaaritaloudellisuutta, simulointien tulosten pohjalta teetätettiin kaikille vaihtoehtoilta elinkaarikustannuslaskelma (LCC). Elinkaarikustannuslaskelman tuloksena saadaan tarkasteltujen vaihtoehtojen talotekniikan investointi-, käyttö- ja huoltokustannukset. Energiasimuloinnit on tehty MagiCAD-ohjelmistoon kuuluvalla Riuska-ohjelmistolla. Elinkaarikustannuslaskelman toteutti A-Insinöörit Suunnittelu Oy. Lisäksi kymmenelle vaihtoehdolle laskettiin energiankulutuksen pohjalta hiilijalanjälkilaskelma, joka huomioi rakennuksen energiankulutuksen ja aurinkopaneelien päästöt.

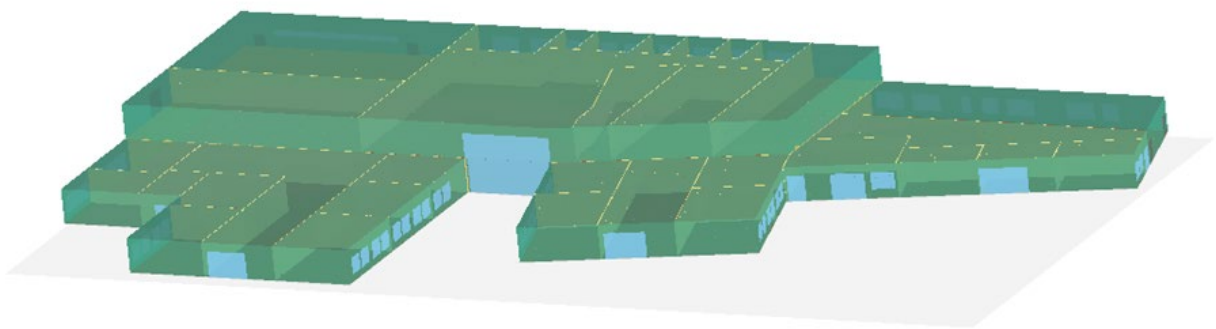
Toisessa osiossa käsitellään koulurakennuksen rakennevaihtoehtojen ilmastovaikutuksia ja kustannuksia. Analyysiä varten luotiin neljä vaihtoehtoista toteutusvaihtoehtoa rakennuksen rungosta, joissa kantava päämateriaali on joko betonia, puuta tai vähähiilistä betonia. Kolme ensimmäistä vaihtoehtoa on kantavilla seinillä toteutettu. Neljäs vaihtoehto on pilari-palkkirunkoinen. Rakennevaihtoehtoissa tarkastellaan vain rakennuksen kantavan rungon ratkaisuja, jättäen pintamateriaalit ja muut täydentävät rakenteet tarkastelun ulkopuolelle. Arviointi on tehty pääosin rakennetyyppien pohjalta. Mukana arviossa on alapohja, välipohja, yläpohja, ulkoseinät, kantavat väliseinät, pilarit ja palkit. Tuloksena saadaan vaihtoehtoilta hiilijalanjälki ja investointikustannukset rakenteen ja rakennuksen tasolla. Rakennuksen tasolla laskelmat pohjautuvat määrälaskentaan, joka on tehty koulun tilakaavioiden ja tilaohjelman pohjalta. Hiilijalanjälkiarviointi tehdään Ympäristöministeriön vähähiilisyiden arviointimenetelmän mukaisesti, hyödyntäen päästötietona Suomen Ympäristökeskuksen ylläpitämää Rakentamisen päästötietokantaa (co2data.fi) ja vähähiilisten betonirakenteiden osalta Betoniyhdistyksen BY-vähähiilisyysluokituksen mukaisia päästöarvoja. Päästölaskelma suoritettiin arvioijan tekemällä Excel-laskentataulukolla noudattaen Vähähiilisyiden arviointimenetelmän rajoituksia. Rakenteiden kustannusten osalta tarkastellaan investoimiskustannuksia sisältäen materiaali- ja työkustannukset. Kustannuslaskelmat suoritettiin Admcom Estima Premium -ohjelmistolla (ent. Tocoman laskenta).

Julkaisun kolmannessa osiossa käsitellään rakennushankkeiden ympäristöluokituksia, erityisesti uuden koulurakennuksen kontekstissa. Ympäristöluokitusten osalta tarkastellaan, mitä yleisimmät luokitukset ovat, millaisia vaatimuksia ne hankkeille asettavat ja millaisia hyötyjä niistä on mahdollista saada. Lisäksi tarkastellaan yleisimpien luokitusten sertifiointikustannuksia 5400 kem² kouluhankkeelle ja tehdään ehdotus ympäristösertifiointissa tavoiteltavista kriteereistä kouluhankkeelle. Tarkemmassa tarkastelussa on suomalainen Rakennustiedon ympäristöluokitus.

Tutkimukseen valittiin yleisesti käytössä olevia ratkaisuja, jotta voitaisiin lisätä tietämystä valittujen ratkaisujen suorituskyvystä ja selvittää millaisia vaikutuksia rakennushankkeen päästöihin tällaisella optimoinnilla voidaan saavuttaa. Tutkimuksen tunnuslukuja tulee kuitenkin vertailla enimmäkseen suhteellisina, eikä absoluuttisina tuloksina. Erityisesti kustannuksissa ja energiankulutuksessa voi olla huomattavaakin eroa todelliseen kohteeseen, sillä näihin vaikuttaa huomattavan moni asia, esimerkiksi rakennuspaikka ja tarkastelun ulkopuolelle jääneet valinnat. Rakenneratkaisuiden osalta valittiin yleisesti käytössä olevia rakenteita normaaleilla rakennevahvuuksilla, vaikka täydellisiä mitoituskalkelmia ei tehtykään lähtötietojen puutteellisuuden vuoksi.

2 Energiajärjestelmät

Energiajärjestelmien osalta tarkastellaan rakennuksen energiasimulointien tuloksia ja niihin pohjautuvaa talotekniikan elinkaarikustannus- ja hiilijalanjätkilaskelmaa. Pohjana energiasimuloinneille on tilaohjelman (liite 1) mukainen 3-sarjainen 5400 kem² koulurakennus. Tilaohjelman perusteella rakennuksesta tehtiin simuloitu energiamalli (kuva 1). Koska tilaohjelman on vain luettelo kaavailuista tiloista, on tarpeellista määrittää rakennuksen muoto ja kerrosluku simulointeja varten. Muotokielessä otettiin vaikutteita Joensuuhun vuonna 2017 valmistuneesta Karhunmäen koulusta.



Kuva 1. Energiasimulointimalli.

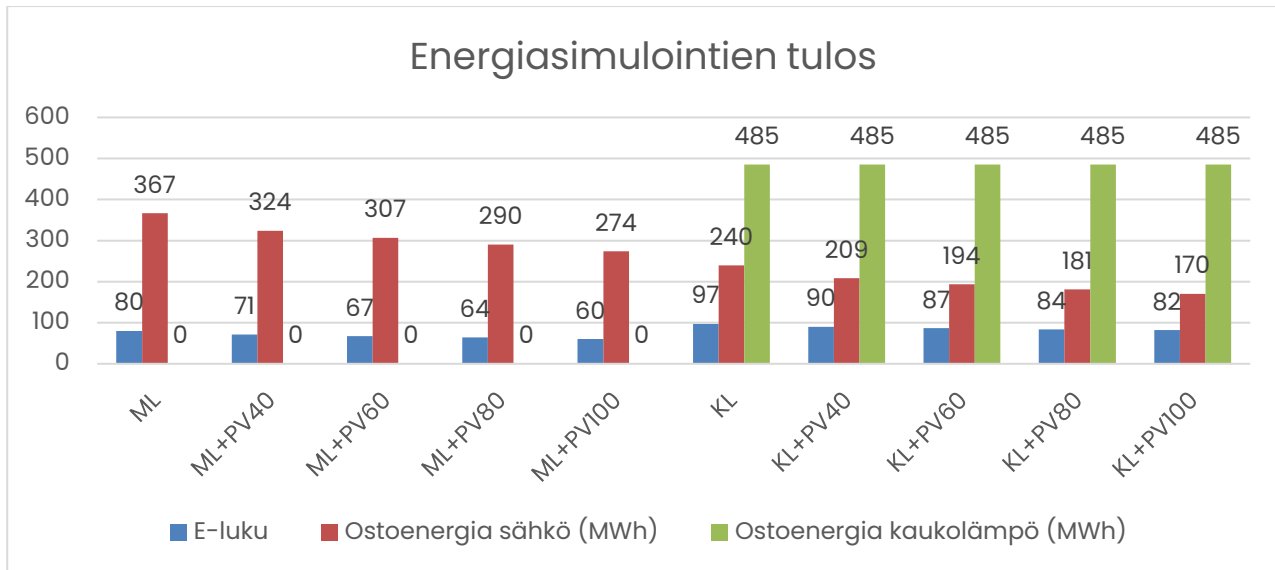
Simulointien tavoitteena oli määrittää rakennuksen energiankulutus ja sen pohjalta tunnistaa ratkaisut, jotka ovat suorituskykyisiä energiankulutuksen, kustannusten ja ilmastovaikutuksien näkökulmasta. Vertailussa on kaksi päälämmitysjärjestelmää: maa- tai kaukolämpö. Lisäksi arvioissa on mukana aurinkosähköjärjestelmä teholtaan 0–100 kWp. Simulointien tuloksena saatiin vaihtoehdoille määritettyä E-luku, ostoenergiankulutus sekä tontilla tuotettavan uusiutuvan energian määrä.

2.1 Simuloinnit

Energiasimuloinneissa lämmitysvaihtoehtoina on maa- ja kaukolämpö. Lisäksi molemmissa tapauksissa on simuloitu myös aurinkosähkö. Maalämmön mitoitus on 75 % vuosittaisesta huipputehosta. Aurinkosähkön osuus on 0, 40, 60, 80 tai 100 kWp. Simulointimallin rakenteissa on U-arvojen standardiarvot ja ilmanvuotoluku (q_{50}) 0,7. Simuloinnit on tehty Granlund Riuska –energiasimulointiohjelmistolla. Energiasimulointien täydelliset tulokset ovat liitteessä 2.

Simulointien E-lukuja tarkastellessa voidaan huomata maalämmön (E-luku 80) olevan energiatehokkaampi kaukolämpöön (E-luku 97) verrattuna (kaavio 1). Aurinkosähköstä

saatu hyöty ei ole lineaarinen tehoa lisättäessä, vaan hyödyt pienenevät suurempiin tehoprosentteihin mentäessä johtuen sähkön tehontarpeiden ylityksistä.

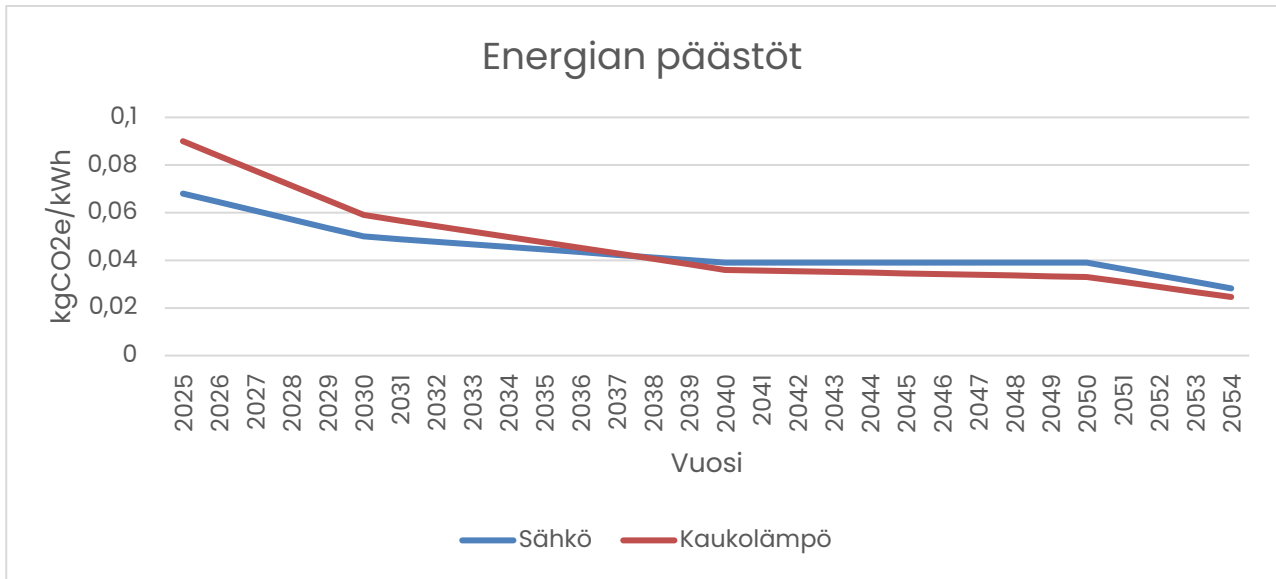


Kaavio 1. Energiasimulointien tulokset.

Maalämmön sähkönkulutus on kaukolämpöä korkeampi, joten korkeammilla aurinkopaneelitehoilla saavutetaan korkeampi hyöty. Toisaalta suurin sähkön tarve on talvi-kuukausina, jolloin aurinkosähkön teho jää pieneksi. Kaukolämpö käyttää vähemmän sähköä ja suurilla aurinkosähkätehoilla sähköä riittää usein myös ulospäin myytäväksi. Lisäämällä aurinkosähkölaitteiden tehoa kaukolämpövaihtoehdossa E-luku ei laske kuitenkaan yhtä merkittävästi kuin maalämmön tapauksessa.

2.2 Energiankulutuksen ja aurinkopaneelijärjestelmän päästöt

Rakennukseen ostettavalle energialle ja aurinkopaneeleille laskettiin hiilijalanjälki 30 vuoden tarkastelujaksolle energiasimulointien pohjalta. Tarkasteluun sisältyy rakennukseen ostettava sähkö, sekä kaukolämpö niissä versioissa, joissa se on lämmitysmuotona. Laskelmissa käytetyt energian päästökertoimet ovat Rakentamisen päästötietokannan skenaario "Energia, sähkönkulutus: Hyödynjakomenetelmä" ja kaukolämmön osalta "Energia, kaukolämpö: Hyödynjakomenetelmä". Energian päästöt laskevat tulevaisuudessa, joka on huomioitu päästökertoimien vuosittaisessa tasossa. Arvioitu päästöjen kehitys seuraavalle 30 vuodelle on kuvattu kaaviossa 2, väliarvot ovat interpoloitu.



Kaavio 2. Energian päästökertoimet (Kaavion tiedot: Rakentamisen päästötietokanta 2024).

Energiankulutuksen hiilijalanjälkilaskelmassa on huomioitu laitteiston materiaalisidonnaiset päästöt vain aurinkopaneelien osalta, jotta voitaisiin havaita, että korvaako paneelien sähkön tuotto paneelien valmistuksen päästöt 30 vuoden aikana. Maa- tai kaukolämpöjärjestelmän osien valmistuksen päästöjä ei ole huomioitu tässä tutkimuksessa, sillä ne vaatisivat tarkempia lähtötietoja esimerkiksi rakennuspaikasta ja järjestelmän kokoonpanosta. Aurinkopaneelien valmistuksen päästöt on laskettu seuraavalla kaavalla.

$$\text{Hiilijalanjälki, paneelit} = \text{Teho (kWp)} * \text{Tehon muuntokerroin} * \text{Painon muuntokerroin} * \text{Päästökerroin (A1 - A3)}$$

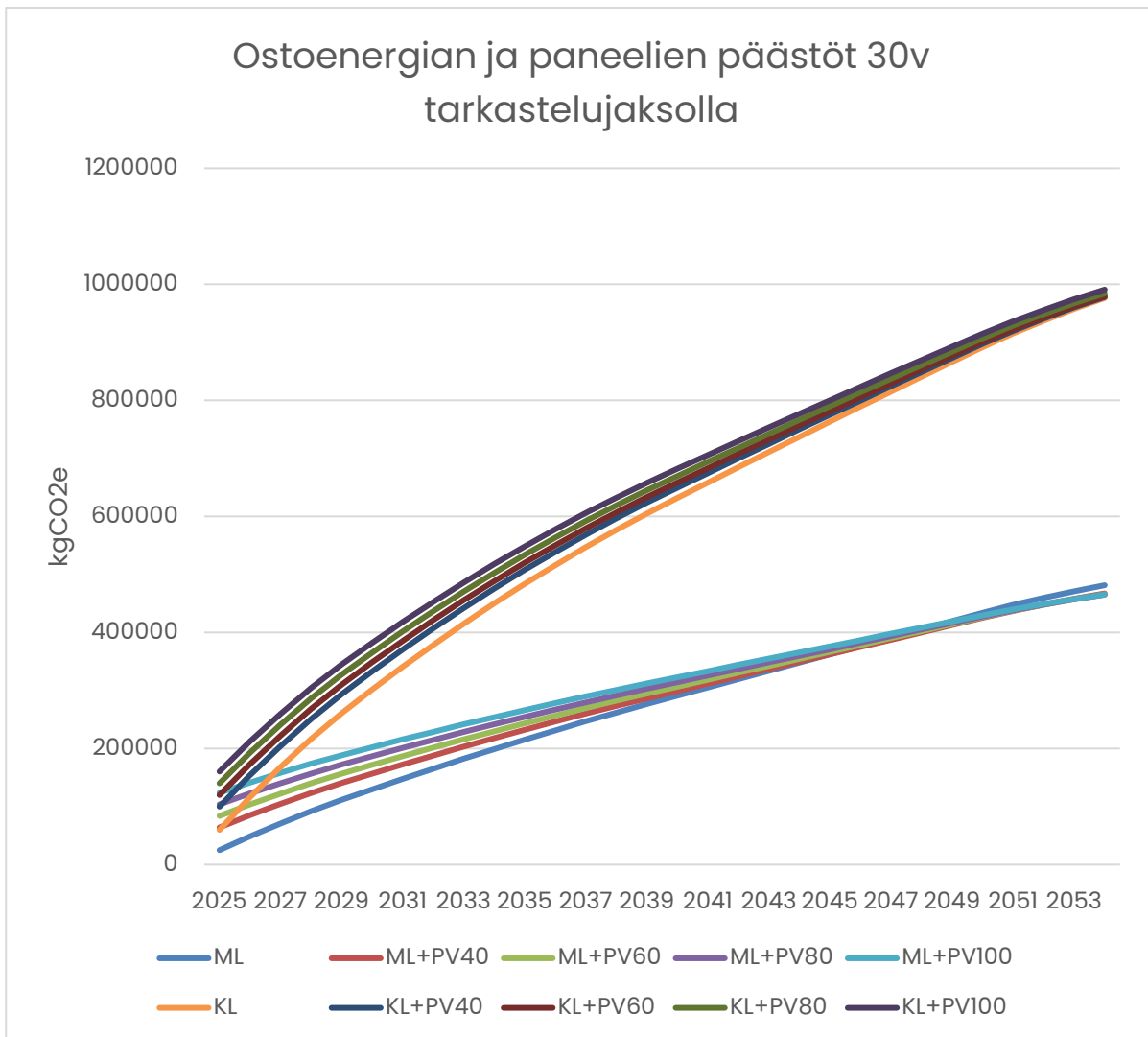
Jossa:

- *Teho (kWp)* tarkoittaa aurinkosähköjärjestelmän tehoa skenaariossa, eli se on joko 0, 40, 60, 80 tai 100 kWp.
- *Tehon muuntokerroin* tarkoittaa kuinka paljon aurinkopaneelien pinta-alaa vaaditaan tehon tuottamiseen. Laskelmassa käytetty kerrointa 5 m² / kWp, joka vastaa nykyaikaisen ja hyvin suunnatun järjestelmän tuottoa.
- *Painon muuntokerroin* tarkoittaa aurinkopaneelien neliökohtaista painoa. Laskelmassa käytetty Rakentamisen päästötietokannan "Aurinkopaneeli" -päästökerroimen muuntokerrointa 19,5 kg/m².
- *Päästökerroin* tarkoittaa aurinkopaneelin valmistamisen päästöä (A1-A3). Laskelmassa käytetty Rakentamisen päästötietokannan "Aurinkopaneeli" -päästökerroimen konservatiivista päästökerrointa (10,79 kgCO₂e/kg). Muut järjestelmän osat, kuten invertterit, ovat tarkastelun ulkopuolella.

Ensimmäinen tarkasteluvuosi hiilijalanjälkilaskelmassa on 2025 ja viimeinen 2054, jolloin tarkastelujakso on 30 vuotta, joka on myös aurinkopaneelien oletettu käyttöikä.

Vaikka rakennuksen todellinen käyttöikä olisikin pidempi, arvioon tulee epätarkkuutta pitkälle tulevaisuuteen tarkastellessa ja paneelit voidaan esimerkiksi korvata sellaisilla tuotteilla, jotka ovat huomattavan erilaisia nykyhetken tuotteisiin verrattuna. Paneelien valmistuksen päästöt ovat rasitteena heti tarkastelujakson alussa.

Ostoenergian ja aurinkopaneelien valmistuksen päästöjen kertyminen on esitetty kaaviossa 3. Elinkaaren alussa päästöjä muodostuu paneelien valmistamisesta ja varsinaisen käytön ajalta energian kulutuksesta. Näin ollen skenaarioissa, joissa ei ole paneeleita (ML ja KL), päästöt lähtevät nollassa. Kaaviosta havaitaan, että versioissa, joissa on korkeatehoisin aurinkosähköjärjestelmä (ML+PV100 ja KL+PV100), päästöt elinkaaren alussa ovat luonnollisesti korkeimmat. Elinkaaripäästöjen osalta havaitaan korkeimmat niiden olevan versiolla KL+PV100, noin 991 tCO₂e. Puolestaan matalimmat elinkaaripäästöt ovat versiolla ML+PV100, noin 465 tCO₂e. Ilman paneeleja elinkaaripäästöt kaukolämmöllä (KL) on noin 976 tCO₂e ja maalämmöllä (ML) noin 481 tCO₂e. Tulosten perusteella havaitaan, että aurinkosähköjärjestelmä on tehokkaampi vaihtoehto maalämmön kanssa, sillä maalämpö kykenee hyödyntämään kaukolämpöä tehokkaammin paneelien tuottamaa energiaa. Verkkoon myytäväksi toimitettavaa aurinkosähköjärjestelmän ylijäämäenergiaa ei ole arviossa huomioitu, vaikkakin sillä voi olla fossiilista sähköä korvaava vaikutus.



Kaavio 3. Energian ja paneelien päästöt.

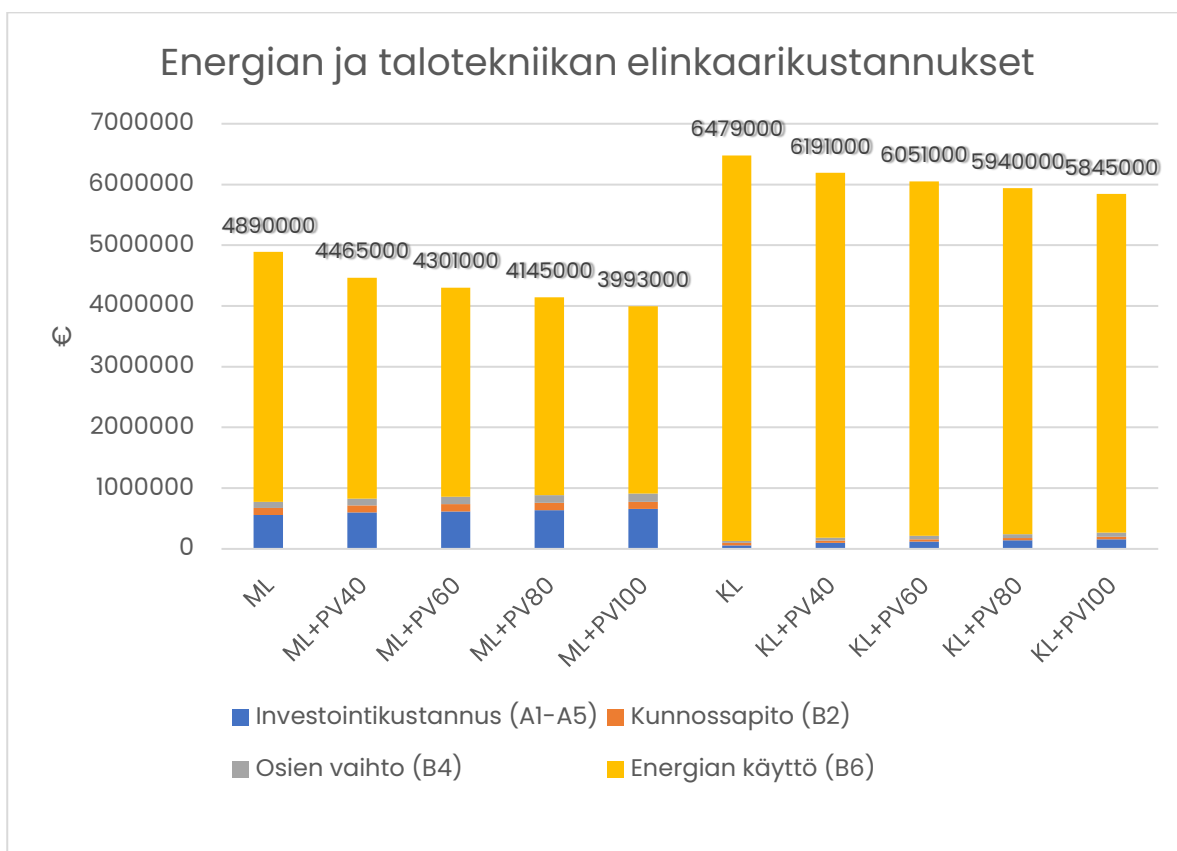
Kumulatiivisten elinkaaripäästöjen perusteella maalämpöjärjestelmä on käytönaikais- ten päästöjen osalta kaukolämpöä tehokkaampi. Jos mukaan laskettaisiin kauko- ja maalämpöjärjestelmien materiaalisidonnaiset päästöt, olisivat ne todennäköisesti maalämmöllä korkeammat, sillä järjestelmä koostuu useammista osista ja vaatii esi- merkiksi kaivojen tekemiseen liittyviä koneellisia töitä. Epäselväksi jää kuitenkin, että vaikuttaisiko materiaalisidonnaisten päästöjen huomioiminen tuloksiin siten, että se kääntäisi tuloksen kaukolämmön eduksi.

2.3 Talotekniikan elinkaarikustannukset

Simulointien pohjalta laskettiin kymmenelle vaihtoehdolle talotekniikan elinkaarikus- tannukset, jossa lähtötietona elinkaarikustannusten laskentaan oli rakennuksen ener- giasimuloinnit ja energiamalli. Elinkaarikustannuslaskelman on tehnyt A-Insinöörit Suunnittelu Oy:n asiantuntijat Tuukka Myllyviita ja Roosa Roisko.

Elinkaarikustannuslaskelma täydellisine laskentaperiaatteineen on saatavissa Karelia-ammattikorkeakoulun Rakentamisen verkkosivuilta, [linkki julkaisuun](#).

Elinkaarikustannuslaskelmassa on huomioitu investointikustannukset (A1-A3), kunnossapitokustannukset (B2), osien vaihdoista aiheutuvat kustannukset (B4), sekä ostoenergian kustannukset (B6). Investointikustannuksia tarkastellessa (kaavio 4) havaitaan, että kalleimmat investointikustannukset ovat vaihtoehdossa, jossa on maalämpö ja 100 kWp aurinkosähköjärjestelmä, noin 658 000 euroa. Matalimmat investointikustannukset ovat puolestaan kaukolämpöjärjestelmällä ilman aurinkopaneeleja, noin 60 000 euroa. Muilla vaihtoehdoilla tulos vaihtelee korkeimman ja matalimman arvon välillä, kuitenkin niin, että maalämmöllä investointikustannukset ovat yleisesti korkeammat. Kunnossapidon ja osien vaihdoista aiheutuvien kustannusten välillä ei ole suurta hajontaa. Sen sijaan ostoenergian kustannuksien välillä on vaihtoehdoissa huomattavaa vaihtelua. Korkeimmat ostoenergian kustannukset ovat kaukolämpöversiossa ilman aurinkosähköjärjestelmää, noin 6 350 000 euroa. Matalimmat ostoenergian kustannukset ovat puolestaan versiossa, jossa on maalämpö ja 100 kWp aurinkosähköjärjestelmä, noin 3 079 000 euroa. Näin ollen elinkaarikustannukset ovat matalimmat versiossa, jossa on maalämpö ja aurinkosähköjärjestelmä 100 kWp, noin 3 990 000 euroa. Korkeimmat elinkaarikustannukset ovat pelkällä kaukolämmöllä, noin 6 480 000 euroa. (Myllyviita & Roisko 2024, 7.)



Kaavio 4. Elinkaarikustannukset energiavaihtoehdoille (Pohjautuen: Myllyviita & Roisko 2024, 7).

3 Rakenneratkaisut

Rakeneratkaisut -osiossa tarkastellaan koulurakennuksen runkovaihtoehtojen elinkaaripäästöjä ja investointikustannuksia. Elinkaaripäästöt sisältävät materiaalien valmistamisesta, kuljettamisesta ja elinkaaren lopussa materiaalien käsittelystä aiheutuvat päästöt. Investointikustannus sisältää työ-, materiaali- ja sosiaalikulukustannukset. Tavoitteena on tunnistaa ratkaisut, jotka ovat kustannustehokkaita ja vähähiilisiä. Osioon on valittu neljä vaihtoehtoista runkorakennetta, jotka sisältävät yleisesti käytettyjä ratkaisuja. Tuloksena rakenteille on laskettu investointikustannus ja hiilijalanjälki yhden neliön pinta-alalle rakennetta tai metrin pituudelle pilarien sekä palkkien osalta. Lisäksi tulokset ovat skaalattuna rakennuksen tasolle määrälaskennan pohjalta. Koko rakennuksen arvioon lähtötiedoksi on käytetty 3-sarjaisen koulun tilakaavioiden pohjalta tehtyä määrälaskentaa. Pohjan arvioinnille luovat neljä versiota, jotka ovat betonirunkoinen (1), puurunkoinen (2), vähähiilinen betonirunkoinen (3) ja pilari-palkkirunkoinen hybridikoulurakennus (4). Laskentaperiaatteet ja rakenteet on kuvattu tarkemmin seuraavissa osioissa. Versioissa esiintyvien rakennetyyppien leikkauskuvat ovat julkaisun liitteessä 3.

Versio 1 - Betoni

Alapohja: Ontelolaatta alapohja, tuulettuva (AP1)

Välipohja: Ontelolaatta välipohja (VP1)

Yläpohja: Ontelolaatta yläpohja (YP1)

Ulkoseinä: Betonisisäkuori ja muurattu julkisivu (US1)

Väliseinät: Betoniväliseinä 200 mm (VS1) ja 150 mm (VS2)

Liikuntasali: Maanvarainen alapohja (AP4), teräsbetonipilarit (P1), teräsbetonipalkit (K1), TT-laatta yläpohja (YP5)

Versio 2 - Puu

Alapohja: CLT-alapohja, tuulettuva (AP2)

Välipohja: Ripa-avokotelolaatta välipohja (VP2)

Yläpohja: Puukattoelementti yläpohja (YP2)

Ulkoseinä: CLT-sisäkuori ja paneelijulkisivu (US2)

Väliseinät: CLT+eristys+CLT (VS3) ja CLT (VS4)

Liikuntasali: Maanvarainen alapohja (AP4), liimapuupilarit (P2), liimapuupalkit (K2), puukattoelementti yläpohja (YP2)

Versio 3 - Vähähiilinen betoni

Alapohja: Maanvarainen alapohja, vähähiilinen betoni (AP3)

Välipohja: Ontelolaatta välipohja, vähähiilinen (VP3)

Yläpohja: Ontelolaatta yläpohja, vähähiilinen (YP3)

Ulkoseinä: Vähähiilinen betonisisäkuori ja puujulkisivu (US3)

Väliseinät: Vähähiilinen betoniväliseinä 200 mm (VS5) ja 150 mm (VS6)

Liikuntasali: Maanvarainen alapohja (AP4), vähähiiliset teräsbetonipilarit (P3), vähähiiliset teräsbetonipalkit (K3), vähähiilinen TT-laatta yläpohja (YP6)

Versio 4 - Hybridi

Alapohja: Maanvarainen alapohja, vähähiilinen betoni (AP3)

Välipohja: Ripa-avokotelolaatta välipohja (VP4)

Yläpohja: Ristikkoylepohja (YP4)

Ulkoseinä: CLT-sisäkuori ja paneelijulkisivu (US2)

Väliseinät: Vähähiilinen teräsbetoniväliseinä 200 mm (VS5)

Pilarit ja palkit: Vähähiiliset teräsbetonipilarit (P3) ja palkit (K4)

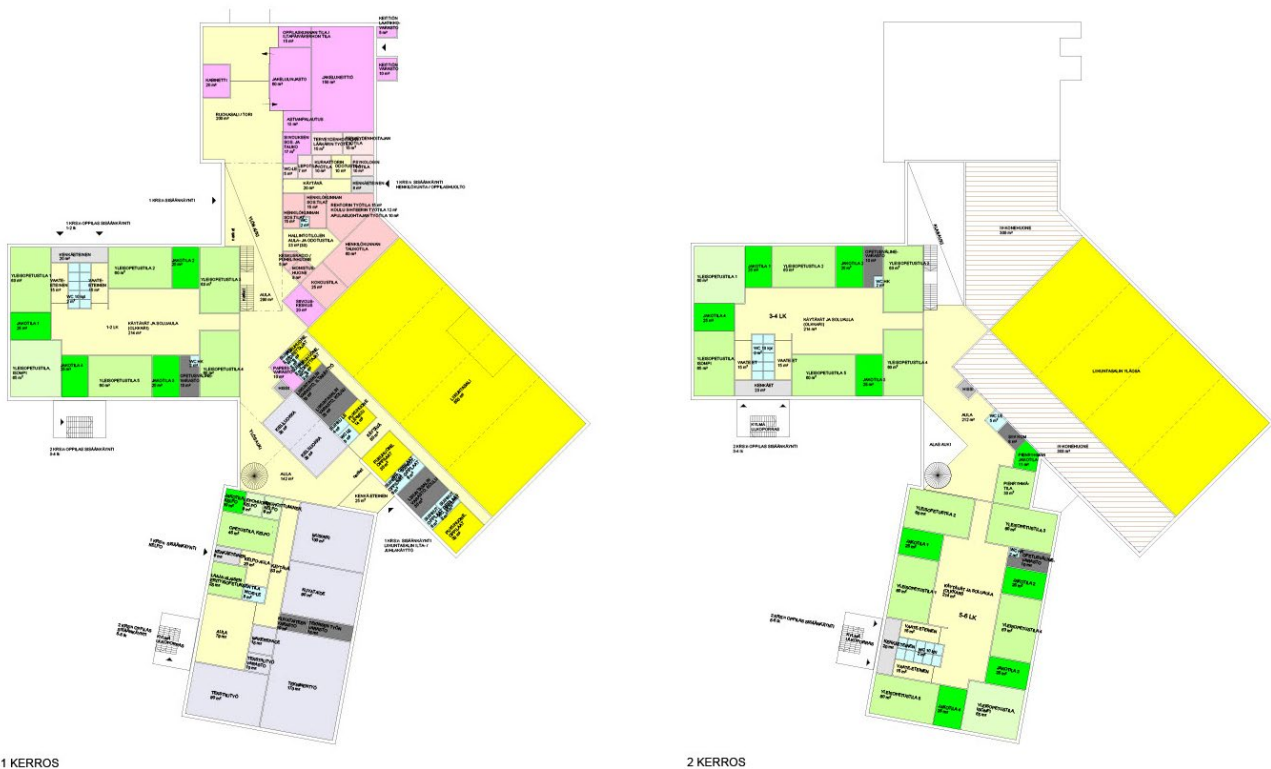
Liikuntasali: Maanvarainen alapohja (AP4), liimapuupilarit (P2), liimapuu palkit (K2), puukattoelementti yläpohja (YP2)

3.1 Rakenteiden valintaperusteet

Vertailuun on pyritty valitsemaan koulu- ja toimitilarakentamisessa yleisesti käytettyjä ratkaisuja. Periaatteena on kolmen ensimmäisen version osalta kantavilla seinillä toteutettu koulurakennus, jossa ainoastaan liikuntasalin osalta on pilari-palkkirunko. Neljännessä versiossa puolestaan on kantava pilari-palkkirunko ja vain vähäiseltä osin kantavat väliseinät rakennuksen jäykistämiseksi. Varsinaisia mitoituslaskelmia ei pääsääntöisesti ole tehty puutteellisten lähtötietojen vuoksi, mutta ratkaisuksi pyrittiin kuitenkin valitsemaan yhteensopivia ratkaisuja, joilla olisi riittävä rakenteellinen vahvuus ja niiden arvioidaan sopivan käyttötarkoitukseen. Puurakenteisten ratkaisujen osalta tiedostettiin haastaviksi välipohjat, joten ne on mitoitettu Puuinfon Finnwood-ohjelmalla koulun hyötykuormille jännevälien ollessa 8 m (versio 2) tai 6 m (versio 4). Puurakennusten ääneneristävyyden ja akustiikka vaatii betonirakennusta enemmän huomiota, joten välipohjien ja väliseinien valinnassa on huomioitu Rakennustiedon ympäristöluokituksen ääneneristävyyden vaatimukset. Näiden pisteiden saavuttamiseksi ilmaääneneristävyyden on oltava vähintään standardin EN 5907 rakennekohtaisen A2-luokan tavoitearvon mukainen (Rakennustieto 2022, 80). Väliseinätyypit on valittu siten, että tilojen välinen äänitasoeroluku ($D_{nT,w}$) olisi vähintään 44 dB. Väliseinien osalta on kaksi väliseinätyyppiä versiota kohden versioissa 1-3, jolloin näistä toinen on matalamman ja toinen korkeamman ääneneristävyyden väliseinä. Versiossa 4 on vain yksi kantava väliseinätyyppi, sillä siinä on kantava pilari-palkkirunko. Lämmöneristävyyden osalta rakenteet on valittu siten, että ne vastaavat U-arvojen vaatimustasoa, jonka määrittelee Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017.

3.2 Määräarviointi

Jotta saataisiin määritettyä koko rakennuksen hiilijalanjälki- ja kustannusvaikutus, tuli määrittää rakenteiden vertailukelpoiset määrät. Määräarviointi tehtiin tilaohjelman ja arkkitehdin tilakaavioiden perusteella. Näin ollen energia-analyyysien ja rakenneratkaisujen vertailujen lähtötietona on sama tilaohjelma (liite 1), mutta rakennuksen geometria on eri. Energia-analyseissä on käytetty tutkimusta varten mallinnettua energia-mallia, mutta rakenneversioissa on hyödynnetty arkkitehdin tilakaavioita, jotka olivat saatavilla vasta tutkimuksen jälkimmäistä osiota tehdessä. Tilakaaviossa tilat ovat hahmoteltuja pohjakuvaan, mutta esimerkiksi rakenteiden paksuuksia, ovia ja ikkunoita ei ole siinä määritetty (kuva 2).



Kuva 2. Koulun tilakaaviot (Kuva: Arcadia Oy Arkkitehtitoimisto).

Tilakaaviosta mitattiin rakenteiden määrät Admicom Estiman määrälaskentatyökalulla. Tilakaavioista mitattiin myös lämmitetty nettoala, joka on 6615 m². Nettoala on tilaohjelman kerrosalaa korkeampi, sillä se sisältää muitakin tukevia tiloja, kuten käytäviä.

Tilakaaviosta lasketut bruttopinta-alat ovat:

- Alapohja..... 3321 m²
- Alapohja, liikuntasali..... 800 m²
- Välipohja..... 2503 m²

- Yläpohja..... 3503 m²
- Yläpohja, liikuntasali..... 800 m²
- Väliseinä (3,5 m korkeus oletettu) 4959 m²
- Ulkoseinä (3,5 m korkeus oletettu) 2636 m²

Rakenteiden bruttopinta-alat eivät siis sisällä aukkoja tai rakenteiden tyyppejä. Bruttopinta-ala pitää sisällään myös kevyet väliseinät, jotka ovat nyt tarkastelun ulkopuolella. Bruttoaloista nettoalaksi muuttamiseksi hyödynnettiin kohteita, joita on tarkasteltu Karelia-AMK:n aiemmissa TKI-hankkeissa ja joille on määrälaskennan tulokset olemassa. Näitä kohteita oli yhteensä viisi kappaletta, joista neljä oli kouluhankkeita ja yksi päiväkotihanke.

Viiden kohteen määrälaskentojen pohjalta ulkoseinien osalta määritettiin, paljonko julkisivuissa oli aukkoja (mm. ovet ja ikkunat) ja paljonko varsinaista ulkoseinää. Keskiarvoksi saatiin, että näissä viidessä kohteessa ulkoseinistä 15 % on aukkoja, vaihteluvälin ollessa 11–21 % bruttoalasta. Näin ollen laskelmissa käytetty nettopinta-ala ulkoseinille on $0,85 * 2636 \text{ m}^2 = 2241 \text{ m}^2$. Yksinkertaistamiseksi ulkoseinissä on käytetty vain yhtä rakennetyyppiä versiota kohti.

Kantavien väliseinien nettomäärän määrittämiseksi tulee vähentää ei-kantavat seinät, sekä aukot. Aukkojen, eli esimerkiksi väliovien, mahdollisten sisäikkunoiden ja tekniikkahormien määrä määritettiin samojen viiden kohteen perusteella. Keskiarvo oli 12 % väliseinien bruttomäärästä, vaihteluvälin ollessa 6–19 %. Kantavien väliseinien määrän määrittäminen ei ole aivan yhtä suoraviivaista, sillä kohteiden välillä voi olla suurta vaihtelua riippuen esimerkiksi runkoratkaisusta, moduulijaosta, rakennuksen muodosta ja kuormituksesta. Viidestä kohteesta kaksi oli betonirunkoisia, kaksi puurunkoisia ja yksi pilari-palkkirunkoinen betonirakennus. Betonirakenteisten kohteiden kantavien seinien määrä oli 37 % kaikista väliseinistä, vaihteluvälin ollessa 36–37 %. Puukohteiden kantavien seinien keskiarvoinen osuus kaikista väliseinistä oli 55 %, vaihteluvälin ollessa 52–58 %. Pilari-palkkirunkoisessa kohteessa kantavien väliseinien osuus puolestaan oli 23 %. Puurakenteisissa vaihtoehtoissa kantavien väliseinien osuus on suurin, sillä puurakenteisessa rakennuksessa vaakarakenteiden kustannustehokkaat jännevälit voivat olla matalammat verrattuna esimerkiksi betonirakennukseen, jolloin on kannattavampaa lisätä alapuolisten kantavien väliseinien määrää.

Näin saatiin määritettyä kantavien väliseinien nettomäärä:

- Versio 1 (betoni) ja 3 (vähähiilinen betoni):... $(4959 \text{ m}^2 * 0,37) * (1 - 0,12) = 1615 \text{ m}^2$
- Versio 2 (puu):..... $(4959 \text{ m}^2 * 0,55) * (1 - 0,12) = 2400 \text{ m}^2$
- Versio 4 (hybridi, pilari-palkkirunko):..... $(4959 \text{ m}^2 * 0,23) * (1 - 0,12) = 1004 \text{ m}^2$

Neljännän version, eli hybridirakenteisen pilari-palkkirungon, osalta tuli määrittellä pilarien ja palkkien määrä. Koska tarkkaa tietoa rakennuksen geometriasta ja arkkitehtuurista ei ollut, tehtiin oletus, että moduulilinjojen väli olisi kahdeksan metriä leveyssuunnassa ja kuusi metriä pituussuunnassa. Näin ollen yhden pilarin kuormitusala olisi 48 m^2 yläpohjan ja mahdollisen välipohjan hyötykuormaa sekä rakenteiden omapainoa. Tällöin yhden palkin pituus on kahdeksan metriä, jolloin väli- sekä yläpohjarakenteissa on kohtuullinen kuuden metrin jänneväli. Tulee huomata, että keskiarvollinen laskentatapa palkkien määrän arvioimiseksi on vain suuntaa antava ja laskettu määrä on todennäköisesti matalampi kuin todellisuudessa.

Pilarien ja palkkien määrä:

- Pilarit (versio 4): $(2503 + 3503 \text{ m}^2) / (8 * 6 \text{ m}) * 3,5 \text{ m} = 438 \text{ m}$
- Palkit (versio 4): $(2503 + 3503 \text{ m}^2) / (8 * 6 \text{ m}) * 8 \text{ m} = 1001 \text{ m}$

Rakennuksen tilaohjelma sisältää myös 800 m^2 liikuntasalin, jonka rakenteet poikkeavat varsinaisesta koulusta, sillä 20 metriä leveässä ja 40 metriä pitkässä liikuntasalissa normaalit rakenteet eivät toimisi. Liikuntasali on oletettu toteutettavan pilari-palkkirunkoisena. Liikuntasalin ala- ja yläpohjan määrä on 800 m^2 . Pilarien osalta on oletettu, että pilarien k/k väli olisi 8000 mm kaikissa versioissa. Palkkien osalta vaikuttaa yläpohjan rakenne ja se, että ovatko palkit sekä yläpohjarakenne pidemmän vai lyhyemmän sivun suuntaisesti. Betonirakenteisissa versioissa yläpohjarakenne on TT-laatta, eli esijännitetty teräsbetonirakenne. TT-laatalla on mahdollista toteuttaa pitkiä jännevälejä, joten betoniratkaisuiden osalta palkit ovat pidemmän sivun (40 m) suuntaisesti, jolloin yläpohjan kantava rakenteen (TT-laatan) kantosuunta on lyhyemmän sivun (20 m) suuntaisesti. Puurakenteiden osalta liikuntasalin yläpohja on puukattoelementtejä, jotka on kannatettu harjapalkeilla lyhyemmän sivun suuntaisesti. Periaatteelliset yläpohjan leikkauskuvat ovat esitetty liitteessä 4. Seinien osalta rakenteet ovat samat kuin varsinaisen rakennuksen osalta, eikä niitä ole erikseen huomioitu. Pilarien korkeus on 7,5 m.

Pilarien ja palkkien määrä liikuntasalissa:

- Pilarit lkm (kaikki versiot): $(40 \text{ m} / 8 \text{ m} * 2) + 2 = 12 \text{ kpl}$
- Pilarit yhteensä (kaikki versiot): $12 \text{ kpl} * 7,5 \text{ m} = 90 \text{ m}$
- Palkit (versiot 1 ja 3) $40 \text{ m} * 2 = 90 \text{ m}$
- Palkit (versiot 2 ja 4) $12 \text{ kpl} / 2 * 20 \text{ m} = 120 \text{ m}$

Näiden oletusten pohjalta voitiin arvioida rakenteiden määrät rakennuksen tasolla kunkin version osalta. Laskelmissa käytetyt nettoalat rakenteille ovat versioittain ilmoitettu taulukossa 1.

	Versio 1 - Betoni	Versio 2 - Puu	Versio 3 - Vähähiilinen betoni	Versio 4 - Hybridi
Alapohja (m ²):	3321	3321	3321	3321
Välipohja (m ²)	2503	2503	2503	2503
Yläpohja (m ²):	3503	3503	3503	3503
Väliseinä 1 (m ²):	807	1200	807	1004
Väliseinä 2 (m ²):	807	1200	807	0
Pilarit (m):	0	0	0	438
Palkit (m):	0	0	0	1001
Alapohja, liikuntali (m ²):	800	800	800	800
Yläpohja, liikuntasali (m ²):	800	800	800	800
Pilarit, liikuntasali (m):	90	90	90	90
Palkit, liikuntasali (m):	80	120	80	120

Taulukko 1. Rakenteiden nettomäärät.

Hiilijalanjälki ja kustannusvaikutuksen laskemiseksi tulee määrittää materiaalien määrä kullekin rakennevaihtoehdolle neliö- tai juoksumetriä kohden. Yleisesti ottaen määrä on teoreettisen menekin (m^3 / m^2) ja tiheyden (kg/m^3) tulo. Lisäksi tulokset on skaalattu rakennuksen tasolle kertomalla yhden neliö- tai juoksumetrin tulos rakenteiden nettomäärillä. Laskelmissa käytetyt massan- ja päästöjen muuntokertoimet on ilmoitettu julkaisun liitteessä 5.

3.3 Hiilijalanjälki

Hiilijalanjälkilaskenta tehtiin Ympäristöministeriön vähähiilisuuden arviointimenetelmän mukaisesti. Päästökertoimina käytettiin Suomen ympäristökeskuksen ylläpitämän Rakentamisen päästötietokannan ja vähäisiltä osin Suomen Betoniyhdistys Ry:n kehittämän betonin vähähiilisyysluokituksen arvoja. Käytetyt päästökertoimet on esitetty liitteessä 5.

Arviossa huomioitu seuraavat elinkaaren vaiheet EN 15978 mukaisesti:

- A1-A3 rakennustuotteiden valmistus
- A4 kuljetus työmaalle
- A5 työmaatoiminnot
- C2 kuljetus jätteenkäsittelyyn
- C3 jätteenkäsittely
- C4 loppusijoitus

Mukana arviossa ei ole kevyitä väliseiniä, talotekniikkaa, ovia, ikkunoita, kiinnikkeitä ja muita vähäisempiä osia. Lisäksi käytön aikana muodostuvat päästöt (B-moduulit) ovat rajattu arvioinnin ulkopuolelle. B-moduuliin kuuluu esimerkiksi rakennuksen energiankulutus ja osien vaihdot käytön aikana. Pintarakenteet eivät ole lähtökohtaisesti

mukana, mutta osassa puurakenteita on kipsilevytyksellä mukana, sillä vaikutus äänieristävyyteen ja palo-ominaisuuksiin on keskeinen. Tarkemmat laskentaperiaatteet on kuvattu seuraavissa luvuissa.

Työmaalla syntyvä rakennusmateriaalien hukka esimerkiksi materiaalien pilaantumisesta ja hukkapaloista johtuen on myös huomioitu. Periaatteena on rakennuksen teoreettiset materiaalimenekit kerrottuna päästötietokannan materiaalikohtaisilla hukka-kertoimilla, jotka vaihtelevat yhden ja kymmenen prosentin välillä.

3.3.1 Valmistuksen päästöt (A1-A3)

Rakennusmateriaalien valmistamisesta aiheutuvat päästöt on huomioitu vaiheissa A1-A3. Vaihe kuvastaa työmaalle hankittavien materiaalien bruttomääriä, huolimatta siitä tulevatko ne osaksi rakennusta vai päätyvätkö hävikiksi. Laskentakaava A1-A3 vaiheen laskentaan on seuraava:

$$\text{Hiilijalanjälki, valmistus} = \text{Materiaalimäärä} * (\text{Valmistus}_{A1-A3} * \text{Konservatiivisuuskerroin} + \text{Biogeeninen}_{A1-A3})$$

Jossa:

- *Materiaalimäärä* tarkoittaa materiaalin bruttomäärää rakenteessa tai rakennuksessa. Laskentaperiaatteet on kuvattu aiemmissa luvuissa (kg).
- *Valmistus_{A1-A3}* tarkoittaa materiaalin päästökerrointa (kgCO₂e/kg). Rakentamisen päästötietokannassa vastaava arvo on *GWP (A1-A3 Fossil), Tyypillinen arvo*.
- *Konservatiivisuuskerroin* tarkoittaa varmuuskerrointa. Rakentamisen päästötietokannassa päästöt ilmoitetaan tyypillisenä, että konservatiivisena arvona. Tyypillinen arvo kuvastaa todellisia keskiarvoollisia päästöjä, kun taas konservatiivinen arvo on kerrottu 1,2:lla varmuuskertoimen lisäämiseksi.
- *Biogeeninen_{A1-A3}* tarkoittaa puutuotteiden sisältämää eloperäistä hiilivarastoa. Hiilivarasto vähennetään A1-A3 vaiheissa arviointimenetelmän mukaisesti.

Pääosin käytetyt päästötiedot ovat Rakentamisen päästötietokannasta. Ainoastaan vähäisiltä osin on käytetty Betoniyhdistyksen julkaiseman betonin vähähiilisyysluokituksen mukaisia arvoja vähähiilisten betonielementtien päästölaskentaan.

3.3.2 Kuljetukset elinkaaren aikana (A4, C2)

Arviossa kuljetuksien päästöt muodostuvat kuljetuksista tehtaalta työmaalle (A4 moduuli) ja työmaalta jätteenkäsittelyyn (A5 ja C2 moduulit). Tehtaalta työmaalle kuljetuksien osalta on pyritty huomioimaan rakennustuotteiden todelliset valmistuspaikat. Työmaa on oletettu arvioinnissa sijaitsevan Joensuun Reijolassa. Kuljetusmatkat on arvioitu oheisen taulukon 2 mukaisesti ja ne ovat määritetty Google Maps -palvelulla tietä pitkin, pyöristäen ylöspäin seuraavaan kymmenlukuun.

Materiaali	Kuljetusmatka (km)	Valmistuspaikka	Valmistaja esim.
Akustiset jousirangat	1840	Anderslöv, Ruotsi	Gyproc
Bitumikermit	470	Lohja	Kerabit
CLT	270	Kuhmo	Crosslam
Höyrynsulku	510	Siikainen	Sauplast
Kipsilevy	480	Kirkkonummi	Gyproc
Kovat eristeet (EPS / XPS)	510	Salo	Finfoam
Laastit	510	Kiikala	Weber
Liimapuu	320	Heinola	Versowood
LVL	130	Varkaus	Stora Enso
Naulalevyt	350	Lahti	Ristek
Pehmeät eristeet (kivivilla)	600	Parainen	Paroc
Raudoitteet ja teräspunokset	410	Pälkäne	Celsa Steel Service
Sahatavara	60	Uimaharju	Stora Enso
Suodatinkangas	260	Jyväskylä	Meltex
Valmisbetoni	10	Joensuu	Pielisen Betoni, Lakka
Teräsrangat	470	Lohja	Aulis Lundell
TB-pilarit ja -palkit, ontelolaatat	60	Outokumpu	Pielisen Betoni
TT-laatta elementit	10	Joensuu	Pielisen Betoni
Vaneri	10	Joensuu	UPM

Taulukko 2. Käytetyt kuljetusetäisyydet.

Arviossa on pyritty valitsemaan valmistajia ja tuotteita, joiden tehdas sijaitsee mahdollisimman lyhyen etäisyyden päässä Joensuusta. On kuitenkin mahdollista, että jokin muu valmistaja valmistaa tuotteita myös lyhyemmän etäisyyden päässä. Kuljetusmatkoissa ei ole huomioitu mahdollisia välivarastoja. Laskukaava kuljetuksien päästöjen laskemiseksi on seuraava:

$$\text{Hiilijalanjälki, kuljetukset} = \text{Materiaalimäärä (ton)} * \text{Kuljetuksen päästökerroin} * \text{Kuljetusmatka}$$

Jossa:

- *Materiaalimäärä* tarkoittaa materiaalin bruttomäärää rakenteessa tai rakennuksessa. Laskentaperiaatteet on kuvattu aiemmissa luvuissa (ton).

- *Kuljetuksen päästökerroin* tarkoittaa käytettävää päästökerrointa. Korkeintaan 10 km matkoissa on käytetty Rakentamisen päästötietokannan *Kuljetus, suuri jakeluorma-auto, kuorma 40%, katuajo* -kerrointa (0,196 kgCO₂e/ton km). Yli 10 km matkoissa on käytetty kerrointa *Kuljetus, suuri jakeluorma-auto, kuorma 40%, maantieajo*.
- *Kuljetusmatka* tarkoittaa kuljetusetäisyyttä tehtaalta työmaalle tai työmaalta jätteenkäsittelyyn. Tehtaalta työmaalle laskentaperiaate (A4) on kuvattu aiemmin julkaisussa. Työmaalta jätteenkäsittelyyn (A5 tai C2) kuljetusetäisyytenä on käytetty kiinteää 10 km etäisyyttä.

3.3.3 Elinkaaren loppu (A5, C2-C4)

Elinkaaren lopussa päästöjä aiheutuu rakennuksen tai rakenteen purkamisesta (C1), materiaalien kuljettamisesta jätteenkäsittelyyn (C2), jätteenkäsittelystä (C3) ja mahdollisesta loppusijoittamisesta (C4). Edellä mainituista tässä tutkimuksessa on huomioitu vaiheet C2-C4. Rakennuksen tai rakenteen purkutyömaan päästöt (C1) ovat rajattu arvion ulkopuolelle, sillä nämä vaatisivat tietoja purkuprosessin resurssienkulutuksesta. Osin elinkaaren lopun prosesseja tapahtuu myös työmaatoimintojen moduulissa A5, johtuen työmaalla muodostuvasta hukasta, joka on kuvattu tarkemmin seuraavassa luvussa. Elinkaaren lopun hiilijalanjälki rakennusmateriaaleille on laskettu seuraavasti:

$$\text{Hiilijalanjälki, elinkaaren loppu} = \text{Purettava materiaalmäärä (kg)} * (\text{Kuljetus jätteenkäsittelyyn} + \text{Jätteenkäsittely} + \text{Loppusijoitus})$$

Jossa:

- *Purettava materiaalmäärä* tarkoittaa jätteenkäsittelyyn menevän materiaalin määrää. Käytännössä tämä määrä muodostuu työmaavaiheessa työmaalla syntyvästä hukasta (A5) ja elinkaaren lopussa rakennuksen tai rakenteen purkamisesta (C).
- *Kuljetus jätteenkäsittelyyn* tarkoittaa kuljetusmatkaa tontilta jätteenkäsittelyyn. Laskentaperiaate on kuvattu luvussa "Kuljetukset elinkaaren aikana".
- *Jätteenkäsittely* tarkoittaa elinkaaren lopussa materiaalien prosessoinnista aiheutuvia päästöjä. Jätteenkäsittelyn päästöt lasketaan kertomalla päästötietokannan skenaarioiden *Reuse, Recycled as secondary rawmaterial* ja *Energy Recovery* prosenttiosuuksien summa jätteenkäsittelyn (C3) materiaaliikohtaisella päästökertoimella.
- *Loppusijoitus* tarkoittaa elinkaaren lopussa materiaalien kaatopaikkasijoittamisesta aiheutuvia päästöjä. Laskenta pohjautuu Rakentamisen päästötietokannan skenaarioihin. Loppusijoittamisen päästö on materiaalmäärän, elinkaaren jälkeisen skenaarion *Final Disposal %*-osuuden ja loppusijoittamisen (C4) päästökertoimen tulo.

3.3.4 Työmaatoiminnot (A5)

Työmaatoiminnoista aiheutuvien päästöjen osalta laskenta rajautuu työmaahävikistä aiheutuviin päästöihin. Työmaan muista prosesseista aiheutuvien päästöjen laskenta vaatisi tarkempia tietoja työmaalla käytetystä energiasta ja polttoaineista. Laskukaava päästöjen laskemiseksi on seuraava:

$$\text{Hiilijalanjälki, työmaatoiminnot} = \text{Materiaalihävikki} * (\text{Kuljetus jätteenkäsittelyyn} + \text{Jätteenkäsittely} + \text{Loppusijoitus})$$

Jossa:

- *Materiaalihävikki* tarkoittaa työmaalla syntyvää hukkaa, joka on teoreettinen nettomäärä rakenteessa tai rakennuksessa kerrottuna materiaaliikohtaisella hukkakertoimella. Hukkakertoimet ovat Rakentamisen päästötietokannasta ja vaihtelevat välillä 1 – 10 %.
- *Kuljetus jätteenkäsittelyyn* tarkoittaa kuljetusta työmaalta jätteenkäsittelylaitokselle. Laskentaperiaate on kuvattu luvussa ”Kuljetukset elinkaaren aikana”.
- *Jätteenkäsittely* tarkoittaa päästöä, joka aiheutuu materiaalien prosessoinnista elinkaaren lopussa. Laskentaperiaate on kuvattu luvussa ”Elinkaaren loppu”.
- *Loppusijoitus* tarkoittaa päästöä, joka aiheutuu materiaalien sijoittamisesta kaatopaikalle elinkaaren lopussa. Laskentaperiaate on kuvattu luvussa ”Elinkaaren loppu”.

3.4 Rakenteiden kustannuslaskenta

Yksi hankkeen tavoitteista oli tuottaa tietoa kustannusten ja päästöjen optimoinnin tueksi toimitilarakentamiseen. Toteutettujen laskentojen avulla voidaan vertailla eri toteutusvaihtoehtojen lisäksi eri materiaaliveikkojen merkitystä.

Ympäristö- ja kustannusvaikutusten laskentaan luotiin neljä toteutusvaihtoehtoa, joissa on huomioitu ainoastaan rakennuksen kantavat runkorakenteet. Kustannuslaskenta suoritettiin näille neljälle vaihtoehdolle, eikä laskennassa ole huomioitu esimerkiksi alatai välipohjien pintarakenteita. Kustannuslaskenta toteutettiin seuraaville rakennusosille: alapohja, välipohja, yläpohja, ulkoseinät, kantavat väliseinät, pilarit ja palkit. Sekä ympäristövaikutusten että kustannusten laskenta pohjautuu arkkitehdin tilakaavion ja alustavan tilaohjelman avulla suoritettuun määräraivointiin.

Laskennassa käytettiin pääasiassa Admicom Estima Premium-kustannuslaskentaohjelmistoa ja ohjelmiston viitehankkeen kustannustietoja vuodelta 2024. Lisäksi kustannustietoja on tarkasteltu Rakennustiedon ROK 2023- kirjan avulla, suorittaen vertailua ohjelmiston kustannustietoihin. Lisäksi joitakin yksittäisiä kustannustietoja, kuten vähähiilisen ontelolaatan tai TT-laatan kustannusarvioita on selvitetty valmistajilta Pohjois-

Karjalan alueella. Näiden lisäksi hyödynnettiin Soile Karttusen opinnäytetyöhön (2023) keräämiä vähähiilisen betonin kustannustietoja. Laskennassa tarkastellaan investointi- kustannuksia, jotka sisältävät materiaali- ja työkustannukset, sekä sosiaalikulut.

Kustannuslaskennan tuloksien avulla voidaan vertailla eri toteutusvaihtoehtojen ja materiaalivalintojen vaikutusta suhteessa toisiinsa, mutta laskennan tulokset voivat poiketa todellisista kustannuksista vastaavilla rakennusosilla. Tähän vaikuttaa useita tekijöitä, joita ovat esimerkiksi rakennusliikkeiden hankintahintojen vaihtelu, rakennuspaikka, laskennassa käytettyjen hintatietojen tarkkuus ja ajantasaisuus, sekä vertailuun valittujen rakennusosien tarkkojen kustannustietojen puute. Koska kaikkia vertailuun valittuja rakennusosia ei löytynyt sellaisenaan käytössä olevista lähteistä, kustannustietoja ja tarvittavaa rakennusosakirjastoa koottiin käytössä olevien suorite- ja panospohjaisten hintatietojen avulla.

3.5 Tulokset rakenteiden tasolla

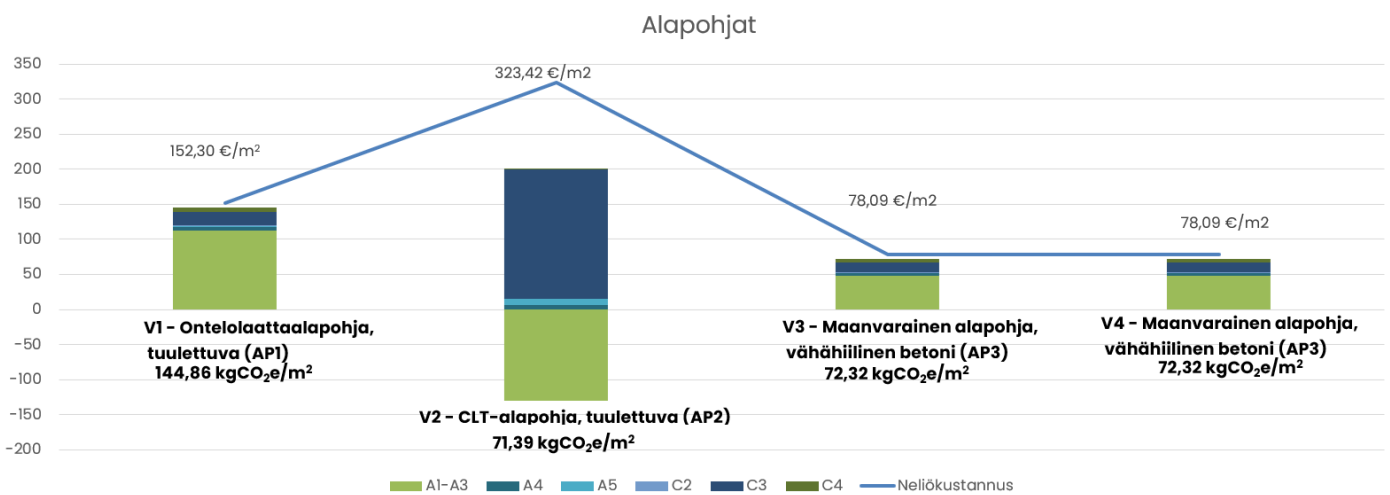
Tulokset esitetään ensin rakenteiden tasolla ja lopuksi koko rakennukselle. Tulokset kuvaavat rakenteiden hiilidioksidiekvivalenttipäästöjä ja euromääräisiä investointikustannuksia. Muilta osin tulokset kuvaavat yhden neliömetrin vaikutuksia, pois lukien pilarit ja palkit, joissa tarkastellaan yhden metrin määrää. Osin versioissa toistuu samat rakenteet (taulukko 3).

	Versio 1 - Betoni	Versio 2 - Puu	Versio 3 - Vähähiilinen betoni	Versio 4 - Hybridi
Alapohja:	Ontelolaatta alapohja, tuulettuva (AP1)	CLT alapohja, tuulettuva (AP2)	Maanvarainen alapohja, vähähiilinen betoni (AP3)	Maanvarainen alapohja, vähähiilinen betoni (AP3)
Väliopohja:	Ontelolaatta väliopohja (VP1)	Ripa avokotelolaatta väliopohja (VP2)	Ontelolaatta väliopohja, vähähiilinen (VP3)	Ripa avokotelolaatta väliopohja (VP4)
Yläopohja:	Ontelolaatta yläopohja (YP1)	Puukattoelementti yläopohja (YP2)	Ontelolaatta yläopohja, vähähiilinen (YP3)	Ristikkoyläopohja (YP4)
Ulkoseinä:	Betonisisäkuori ja muurattu julkisivu (US1)	CLT-sisäkuori ja paneelijulkisivu (US2)	Vähähiilinen betonisisäkuori ja puujulkisivu (US3)	CLT-sisäkuori ja paneelijulkisivu (US2)
Väliseinä 1:	Betoniväliseinä 200 mm (VS1)	CLT+eristys+CLT (VS3)	Vähähiilinen betoniväliseinä 200 mm (VS5)	Vähähiilinen teräsbetoniväliseinä 200mm (VS5)
Väliseinä 2:	Betoniväliseinä 150 mm (VS2)	CLT (VS4)	Vähähiilinen betoniväliseinä 150 mm (VS6)	-
Pilarit	-	-	-	Teräsbetonipilarit, vähähiiliset (P3)
Palkit	-	-	-	Teräsbetonipalkit, vähähiiliset (K4)
Liikuntasali, alapohja:	Maanvarainen alapohja (AP4)	Maanvarainen alapohja (AP4)	Maanvarainen alapohja, vähähiilinen betoni (AP3)	Maanvarainen alapohja, vähähiilinen betoni (AP3)
Liikuntasali, pilarit:	Teräsbetoni pilarit (P1)	Liimapuupilarit (P2)	Teräsbetonipilarit, vähähiiliset (P3)	Liimapuupilarit (P2)
Liikuntasali, palkit:	Teräsbetoni palkit (K1)	Liimapuu harjapalkit (K2)	Teräsbetonipalkit, vähähiiliset (K3)	Liimapuu harjapalkit (K2)
Liikuntasali, yläopohja:	TT-laatta yläopohja (YP5)	Puukattoelementti yläopohja (YP2)	Vähähiilinen TT-laatta yläopohja (YP6)	Puukattoelementti yläopohja (YP2)

Taulukko 3. Rakennetyypit versioittain.

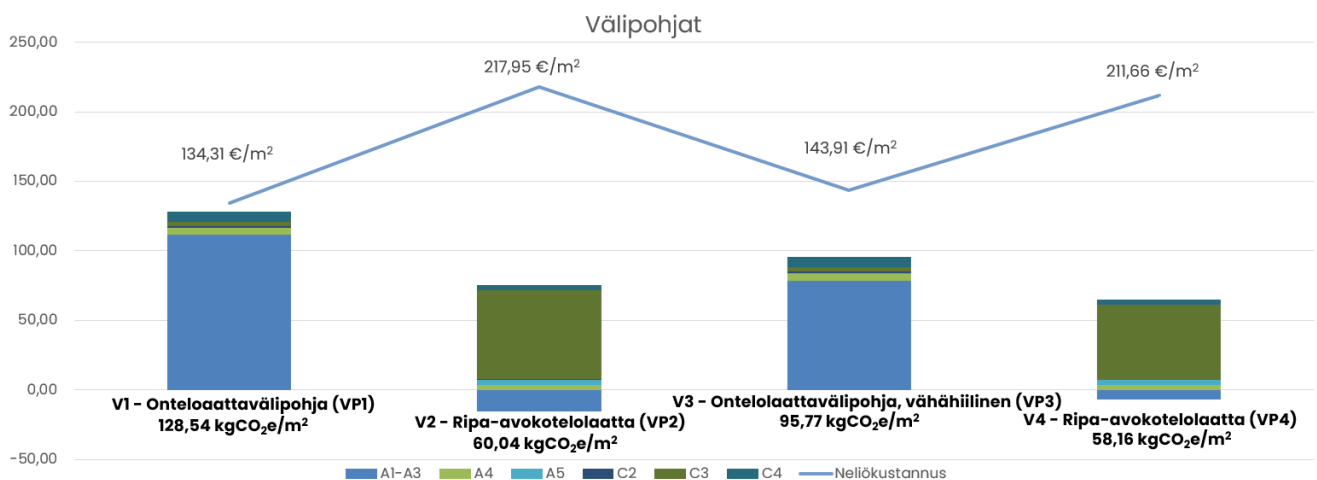
Ensimmäisenä tarkastelussa on koulurakennuksen alapohjarakenteiden päästöt. Liikuntasalin alapohjarakenteiden päästöt on ilmoitettu liikuntasalin rakenteiden osiossa erikseen. Kolmen alapohjavaihtoehdon (AP1, AP2 ja AP3) hiilijalanjälki ja kustannus on

esitetty kaaviossa 5. Korkein päästö on tuulettuvalla ontelolaatta-alapohjalla (144,86 kgCO₂e/m²) ja matalin tuulettuvalla CLT-alapohjalla (71,39 kgCO₂e/m²). Maanvaraisen alapohjan päästöt ovat lähes CLT-alapohjan tasolla (72,32 kgCO₂e/m²). AP2:en negatiivinen A1-A3 -vaiheen päästö johtuu laskentasäännöistä, joiden mukaisesti elinkaaren alussa puutuotteiden biogeeninen hiilisisältö lasketaan negatiivisena. Korkeimmat kustannukset ovat CLT-rakenteisella alapohjalla (versio 2), josta valtaosan muodostaa 240 mm paksu CLT-laatta.



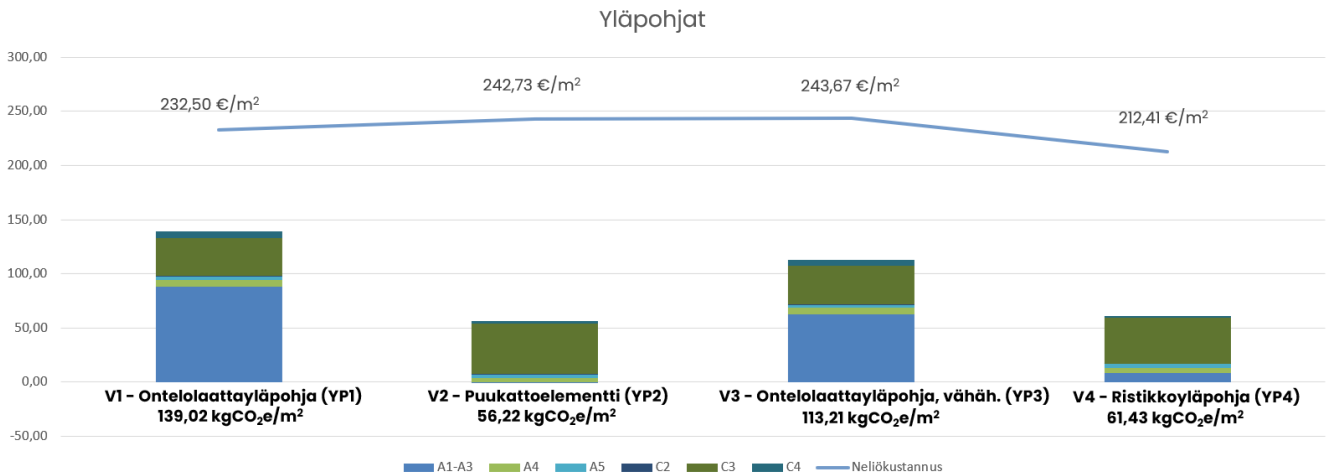
Kaavio 5. Alapohjien tulokset yhden neliön alalle.

Välipohjien hiilijalanjäljen osalta korkeimmat päästöt ovat ontelolaattavälipohjalla (128,54 kgCO₂e/m²) ja matalimmat avokotelolaattavälipohjilla (60,04 –58,16 kgCO₂e/m²). Neljännen version välipohjassa on lyhyempi jänneväli kuin toisessa versiossa, mikä pienentää palkkien kokoa ja vähentää hieman hiilijalanjälkeä, vaikka rakenne on muuten sama.



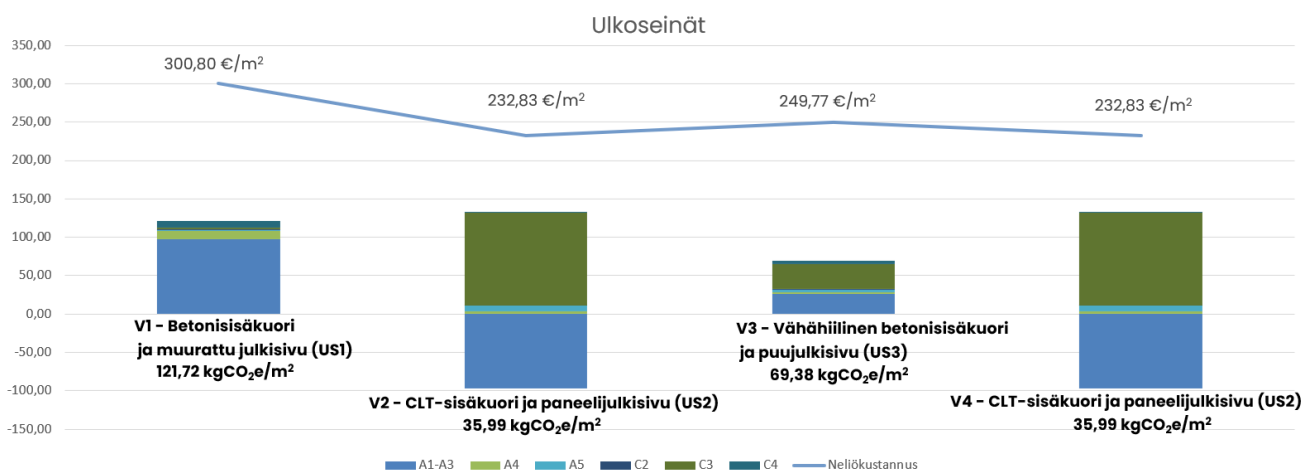
Kaavio 6. Välipohjien tulokset yhden neliön alalle.

Yläpohjissa korkein hiilijalanjälki on ontelolaattayläpohjalla (128,54 kgCO₂/m²) ja matalin puukattoelementti yläpohjalla (56,22 kgCO₂e/m²). Ristikkorakenteisen yläpohjan hiilijalanjälki (61,43 kgCO₂e/m²) on hieman ripalaattaa korkeampi, sillä koulurakennuksen yläpohjan jänneväillä sahatavaran rakennevahvuudet kattoristikossa kasvavat ilman alapuolista kantavaa rakennetta (CLT / betoni tms.).



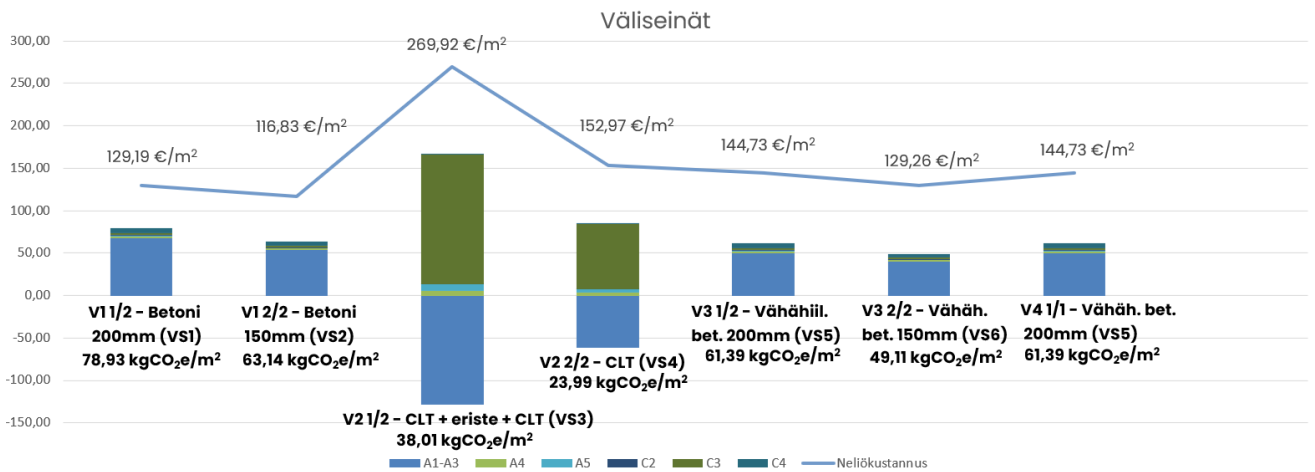
Kaavio 7. Yläpohjien tulokset yhden neliön alalle.

Ulkoseinissä korkein hiilijalanjälki on rakenteella, jossa on betonisäkuori ja muurattu julkisivu (121,72 kgCO₂e/m²). Vähähiilisellä betonisäkuorella ja puujulkisivulla rakenteen päästö laskee lähes puoleen (68,38 kgCO₂e/m²). Matalapäästöisin on puolestaan rakenne, jossa on CLT-rakenteinen sisäkuori ja puujulkisivu (35,99 kgCO₂e/m²). Kustannusten osalta korkeimmat kustannukset ovat niin ikään seinärakenteella, jossa on muurattu julkisivu ja betoninen sisäkuori. Tässä tapauksessa muurattu julkisivu on suurin kustannuksia kohottava yksittäinen tekijä. Ulkoseinien kohdalla puurakenteet ovat kustannuksiltaan kilpailukykyisiä ja jopa hieman edullisempia vertailun muihin vaihtoehtoihin nähden.



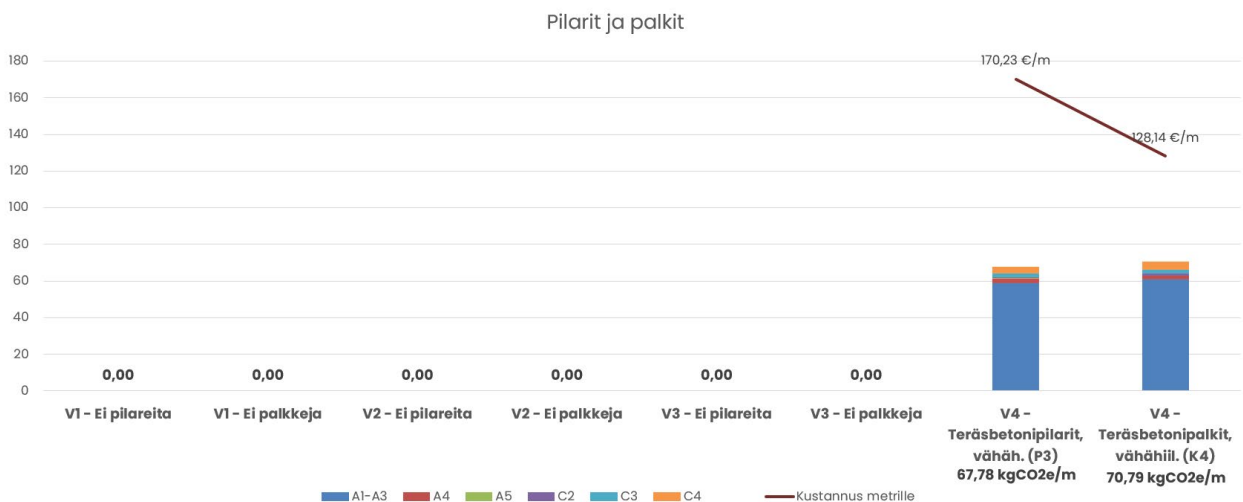
Kaavio 8. Ulkoseinien tulokset yhden neliön alalle.

Jokaista versiota kohden on kaksi väliseinää, eli korkeamman ja matalamman ääneristävyyden seinät. Hybridirakenteisessa versiossa 4 on vain yksi väliseinätyyppi, sillä siinä on pääosin kantava pilari-palkkirunko. Rakenteiden hiilijalanjälki vaihtelee välillä 78,93 kgCO₂e/m² (200 mm betoniväliseinä) ja 23,99 kgCO₂e/m² (yksinkertainen CLT-väliseinä). Kustannusten osalta rakenteiden välillä ei ole suurta vaihtelua lukuun ottamatta kaksinkertaista eristettyä CLT-seinää, jonka kustannus on joukon korkein.



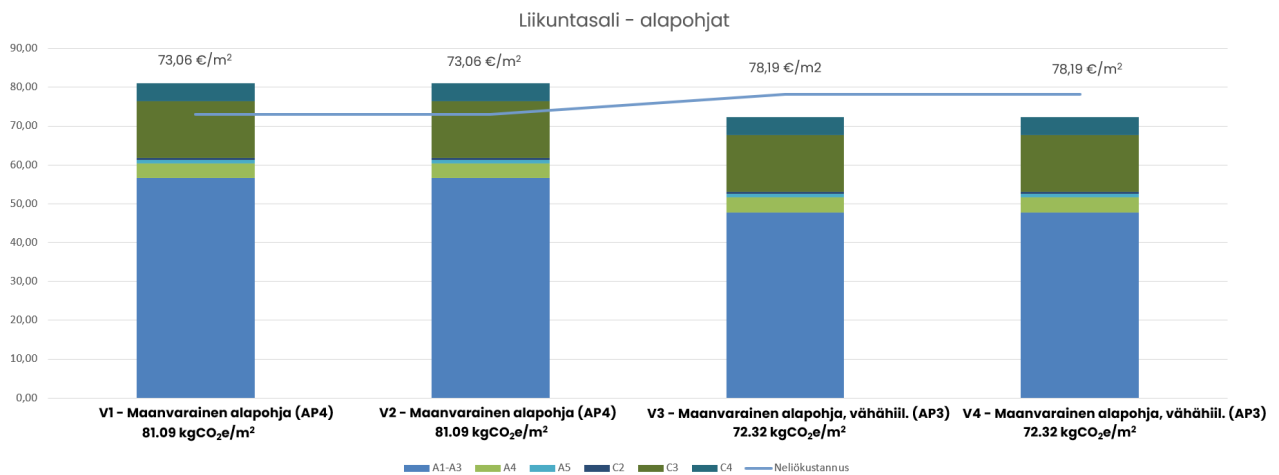
Kaavio 9. Väliseinien tulokset yhden neliön alalle.

Pilarien ja palkkien osalta tarkastellaan vain neljännen version vähähiilisiä teräsbetonipilareita ja -palkkeja. Muissa versioissa kantavat pystyrakenteet ovat toteutettu kantavien seinien. Liikuntasalin pilareiden ja palkkien vaikutukset on tarkasteltu erillään liikuntasalin rakenteiden osiossa. Pilarien ja palkkien hiilijalanjäljet ovat hyvin lähellä toisiaan (67,78 ja 70,79 kgCO₂e/m). Pilarien ja palkkien tulosten osalta tarkastelu on yhtä metriä kohti muista rakenteista poiketen.



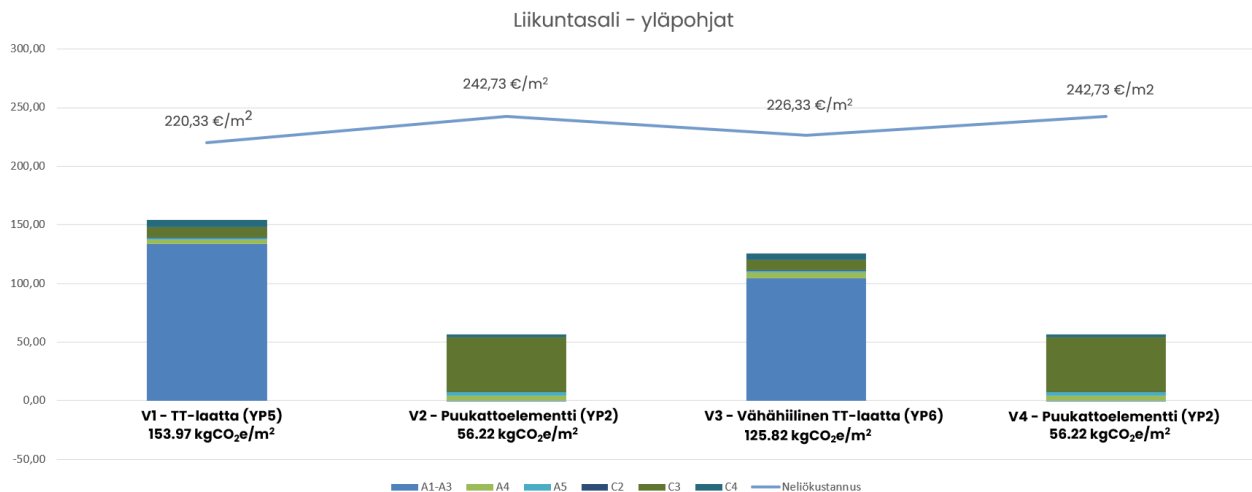
Kaavio 10. Pilarin ja palkin tulokset yhden metrin määrälle rakennetta.

Viimeisenä tarkastellaan liikuntasalin rakenteita. Alapohjien osalta arvioissa on kaksi alapohjatyyppeä, maanvarainen alapohja vähähiilisellä betonilla (73,32 kgCO₂e/m²) ja maanvarainen alapohja tavallisella betonilla (81,09 kgCO₂e/m²). Tarkastellut vaihtoehdot rajautuvat kahteen, sillä liikuntasalin alapohjan rakentaminen muulla rakenteella, esimerkiksi tuulettuvana, ei välttämättä ole kannattavaa pitkän jänneväljen johdosta. Alapohjan alapuoliset rakenteet ja perustukset ovat arvioinnin ulkopuolella.



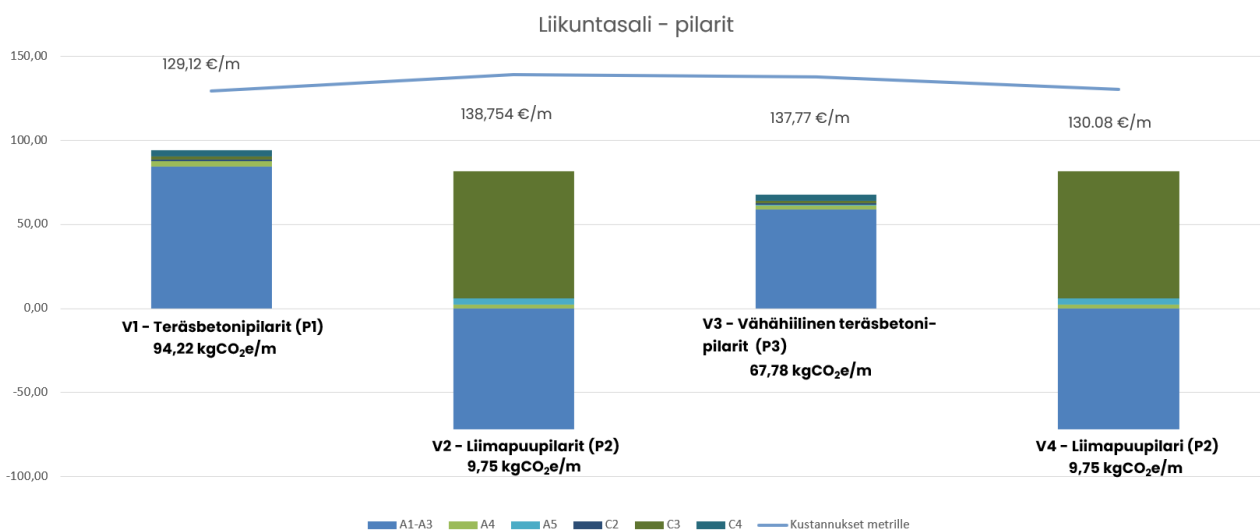
Kaavio 11. Liikuntasalin alapohjarakenteiden tulokset.

Liikuntasalin yläpohjien osalta vaihtoehdot koostuvat kolmesta vaihtoehdosta: TT-laattalla kannatettu rakenne, puukattoelementtirakenne ja vähähiilisellä TT-laattalla kannatettu rakenne. Korkein hiilidioksidiekvivalenttipäästö on TT-laattarakenteella (153,97 kgCO₂e/m²) ja matalin puukattoelementillä (56,22 kgCO₂e/m²). Vähähiilisellä TT-laattalla päästö on noin viidenneksen tavallista TT-laattaa matalampi (125,82 kgCO₂e/m²). Yläpohjien osalta ei tarkasteltu esimerkiksi lämmön- tai vedeneristeiden potentiaalia päästövähennyksiin. Kaikissa vaihtoehdoissa on kaksinkertainen kumibitumikermikate ja lämmöneristys kivivillalla. Yläpohjarakenteiden osalta tulee huomioida myös aluspuolinen kantava rakenne, joka on puukattoelementeillä ja TT-laattalla erilainen.



Kaavio 12. Liikuntasalin yläpohjarakenteiden tulokset.

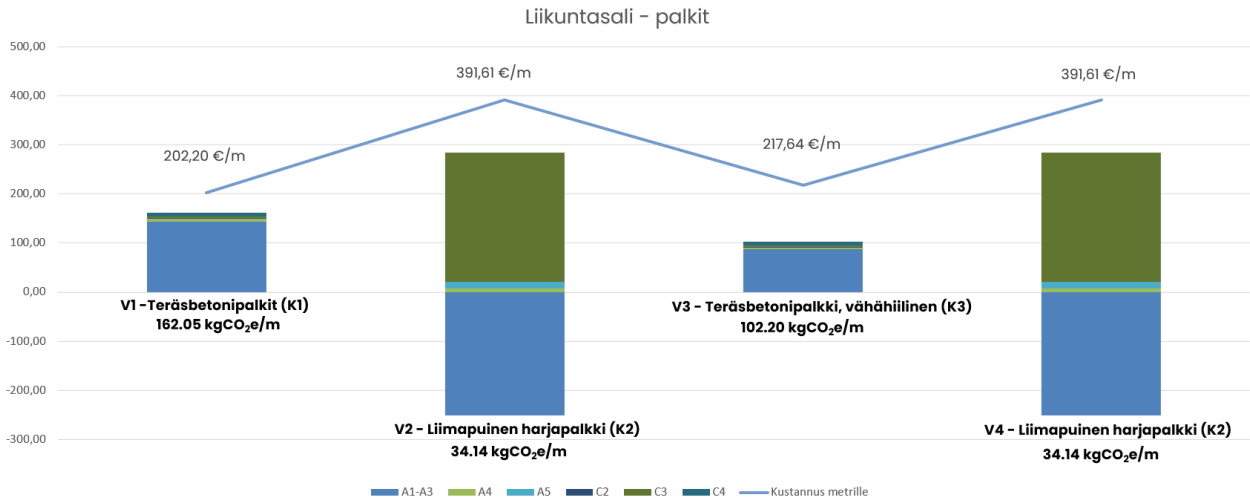
Liikuntasalin pilareiden osalta tarkastelussa on jälleen kolme vaihtoehtoa: teräsbetonipilari, liimapuupilari ja vähähiilinen teräsbetonipilari. Korkein hiilijalanjälki on teräsbetonipilarilla (94,22 kgCO₂e/m) ja matalin liimapuupilarilla (9,75 kgCO₂e/m). Vähähiilisellä teräsbetonipilarilla arvo on puolestaan 67,78 kgCO₂e/m. Tarkasteltava määrä on pilareiden osalta yksi metri pilaria. Tulee huomioida, että pilarien osalta päästöt tulevat yksinään pilarista, eikä rakenteeseen kuulu esimerkiksi kiinnitysosia tai pintamateriaaleja. Näin ollen tulokset ovat suoraan verrannollisia rakennevahvuuteen. Vertailussa rakennevahvuudet on arvioitu toteutuskelpoiseksi, mutta täydellisiä laskelmia ei ole tehty. Rakennevahvuudet ovat 380*380 mm betonirakenteilla ja 240*450 mm liimapuurakenteilla.



Kaavio 13. Liikuntasalin pilarien tulokset.

Viimeisenä liikuntasalin rakenteista tarkastellaan palkkeja. Vaihtoehtoja on kolme: teräsbetonipalkki, liimapuinen harjapalkki ja vähähiilinen teräsbetonipalkki. Hiilidioksidiekvivalenttipäästöjen osalta korkein päästö on teräsbetonipalkilla (162,05 kgCO₂e) ja

matalin liimapuupilarilla (34,14 kgCO₂e). Vähähiilisen teräsbetonipalkin tulos on 102,2 kgCO₂e/m. Teräsbetonipalkkien poikkileikkaus on 380*680 mm. Liimapuisen harjapalkin poikkileikkaus vaihtelee, sillä tuella korkeus on 1300 mm ja harjalla 1850 mm, leveyden ollessa 240 mm.

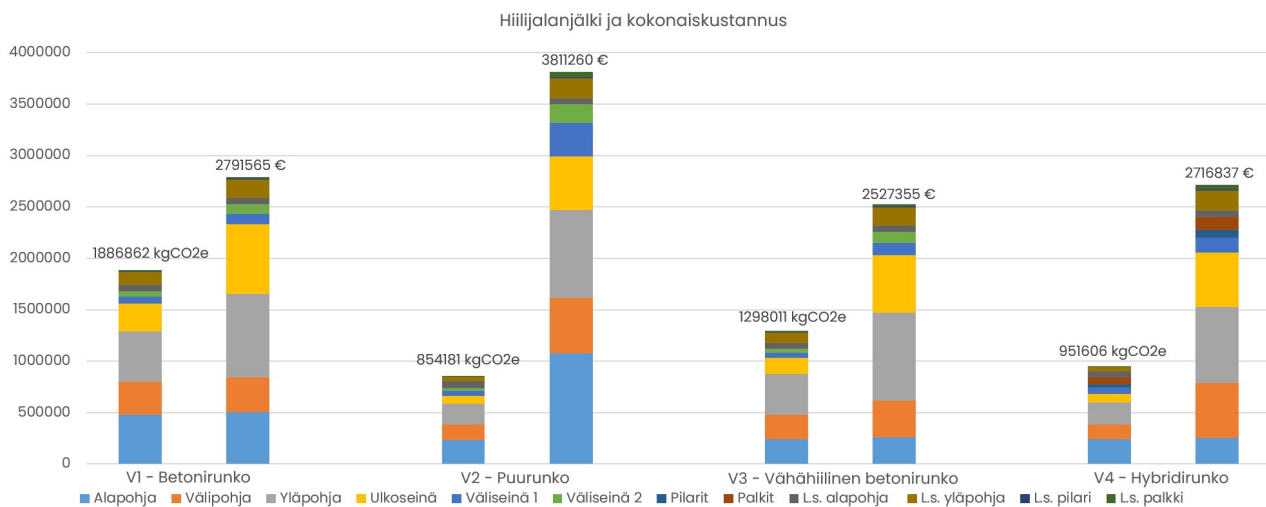


Kaavio 14. Liikuntasalin palkkien tulokset.

3.6 Tulokset rakennuksen tasolla

Kustannukset ja hiilijalanjälki laskettiin lisäksi koko rakennukselle neljälle aiemmin kuvatulle vaihtoehdolle. Rakennuksen tulokset ovat rakenteiden neliö- tai metrikohtaiset arvot kerrottuna kokonaismäärillä. Rakennuksen laajuuden määrittäminen on kuvattuna luovassa *Määräarviointi*. Rakenteiden hiilijalanjälki ja kustannusarviointi on kuvattu luovissa *Hiilijalanjälki*, *Rakenteiden kustannuslaskenta* ja *Tulokset rakenteiden tasolla*. Näin ollen rakennuksen tuloksissa arviointilaajuus on sama, kuin rakenteiden osalta, eli mukana ei ole esimerkiksi talotekniikkaa, pintarakenteita tai energiankulutusta.

Hiilijalanjälki ja kustannukset vaihtelevat huomattavasti eri rakennusversioiden välillä (kaavio 15). Matalapäästöisin on puurunkoinen versio 2, jonka kokonaishiilijalanjälki on 0,85 miljoonaa kilogrammaa hiilidioksidiekvivalenttia. Korkeimmat päästöt ovat puolestaan versiolla 1, jossa on betonirunko. Sen hiilijalanjälki on 1,89 miljoonaa kilogrammaa. Versiot 3 ja 4 sijoittuvat näiden arvojen väliin, ollen vastaavasti 1,29 miljoonaa ja 0,95 miljoonaa kilogrammaa hiilidioksidiekvivalenttia.



Kaavio 15. Runkovaihtoehtojen hiilijalanjälki ja investointikustannukset.

Investointikustannukset vaihtelevat 2,53 miljoonan ja 3,81 miljoonan euron välillä. Edullisin vaihtoehto on versio 3, jossa on vähähiilinen betonirunko maanvaraisella alapohjalla ja puisella julkisivulla. Kallein vaihtoehdoista on versio 2, jossa on puurunko. Neljännessä versiossa, jossa yhdistyy puu-, betoni- ja pilari-palkkirunko, päästöt ovat vain noin 11 % korkeammat kuin puurunkoisessa versiossa 2, mutta sen kustannukset ovat lähes 29 % matalammat. Yllättäen vähähiilisen betonirungon versio 3 on jopa edullisempi kuin betonirunkoinen versio 1. Tämä johtuu siitä, että vähähiilisen betonin kustannukset eivät ole merkittävästi korkeammat tavalliseen rakennebetoniin verrattuna. Lisäksi puujulkisivu ja maanvarainen alapohja versiossa 3 alentavat kustannuksia verrattuna ensimmäisen version tuulettuvaan alapohjaan ja muurattuun julkisivuun.

Tehtäessä uuden rakentamislain mukaista ilmastaselvitystä rakennushankkeelle, Ympäristöministeriön vähähiilisyiden arviointimenetelmä ohjeistaa jakamaan tuloksen lämmitetylle nettoalalle ja käyttöiälle, joka on 50 vuotta (Ympäristöministeriö 2021, 33). Jaettuna käyttöiälle ja lämmitetylle nettoalalle YM:n ohjeen mukaisesti tulokset ovat:

- Versio 1:1886862 kgCO₂e / 6615 m² / 50 a = 5,70 kgCO₂e/m²/a
- Versio 2:854181 kgCO₂e / 6615 m² / 50 a = 2,58 kgCO₂e/m²/a
- Versio 3:1298012 kgCO₂e / 6615 m² / 50 a = 3,92 kgCO₂e/m²/a
- Versio 4:951606 kgCO₂e / 6615 m² / 50 a = 2,88 kgCO₂e/m²/a

Lisäksi tehtiin tarkastelu, jossa hiilijalanjälki ja kustannus arvoitettiin siten, että molemmista on mahdollista saada korkeintaan 50 pistettä. Näin ollen maksimipisteet ovat 100 pistettä. Korkeimmat pisteet ovat saavutettavissa arviointijoukosta matalimmalla hinnalla tai kustannuksilla. Laskentakaava pisteytykselle on siis:

$$Pisteet = \frac{\text{Alin hinta tai hiilijalanjälki}}{\text{Saavutettu hinta tai hiilijalanjälki}} * 50 p$$

Pisteytyksen pohjalta paras tulos on hybridirakenteisella versiolla 4. Neljännen version hiilijalanjälki eikä kustannustaso ole matalin, mutta molemmat ovat keskiarvoa paremmat. Muilla versioilla joko hiilijalanjälki tai kustannus on matala, mutta toinen näistä on korkea.

	VERSIO 1		VERSIO 2		VERSIO 3		VERSIO 4	
	Pisteytys	Tulos	Pisteytys	Tulos	Pisteytys	Tulos	Pisteytys	Tulos
Hiilijalanjälki	23	1 886 862	50	854 181	33	1 298 012	45	951 606
Kustannukset	45	2 791 564	33	3 811 259	50	2 527 356	47	2 716 836
Pisteet, yht.:	68		83		83		92	

Taulukko 4. Pisteytyksen tulokset.

4 Ympäristöluokitukset

Maailmalla on käytössä lukuisia ympäristöluokitusjärjestelmiä rakennuksille. Sertifikaatit ovat kehitetty työkaluiksi rakennusten ympäristötehokkuuden arviointiin ja osoittamiseen. Ympäristöluokitukset tarjoavat systemaattisen lähestymistavan ympäristövaikutusten arviointiin ja hallintaan tuomalla mukanaan kriteerit ja mittarit, joiden avulla voidaan mitata ja parantaa rakennusten suorituskykyä koko niiden elinkaaren ajan. Rakennukselle myönnetty ympäristösertifikaatti pyrkii viestimään hankkeen vastuullisuudesta sekä rakennuksen omistajan ympäristötietoisuudesta.

Ympäristösertifikaatin myöntää puolueeton taho tehtyjen tarkastusten sekä vaaditun dokumentoinnin perusteella. Saavuttaakseen tavoitellun sertifiointin, hankkeen tai rakennuksen tulee täyttää vaaditut kriteerit ja vaatimukset, jotka mukailevat rakentamisen standardeja sekä suosituksia. Useimmissa ympäristösertifioinneissa on tasoja, eli hanke voi saavuttaa eri arvosanoja suorituskyvyn mukaan.

Yleisesti ottaen ympäristösertifikaatit huomioivat ainakin energiatehokkuuden, rakentamisen hiilijalanjäljen ja sisäilmaston. Painotuksissa sertifikaattien välillä on kuitenkin vaihtelua. Sertifikaattien vaatimukset ja kriteerit kohdistuvatkin aina rakennusten ja maankäytön suunnittelusta rakennuksen ylläpitoon sekä purkamiseen saakka. Ympäristöluokituksilla on myös taloudellisia vaikutuksia hankkeisiin. Oletettavasti hankkeen alkuvaiheessa kustannukset lisääntyvät, mutta käytön aikana säästöt voivat olla mahdollisia, esimerkiksi matalamman energiankulutuksen johdosta. Lisäksi useissa ympäristöluokituksissa arvioidaan suunnitteluvaiheessa elinkaarikustannuksia, mitä ei välttämättä muuten tehtäisi. Ympäristöluokitusten tavoittelu lähtee tilaajan tai rakennuttajan aloitteesta, mutta vaatii koko hankeryhmän sitoutumisen. Lisäksi ympäristökonsultin käyttö voi olla suositeltavaa. Suomessa useilla rahoituslaitoksilla ympäristösertifioinnin mukainen rakentaminen on yksi kriteeri vihreän rahoituksen saamiseksi (Green Building Council Finland 2023).

4.1 Yleisimmät sertifikaatit

Suomessa yleisimmät ympäristösertifikaatit rakennuksille ovat yhdysvaltalainen LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), Britanniaasta lähtöisin oleva BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), pohjoismaalainen Joutsenmerkki sekä suomalainen Rakennustiedon ympäristöluokitus (aiemmin RTS). Ympäristösertifikaatit pitävät sisällään lukuisia ohjeistuksia ja kriteeristöjä erilaisille rakennuksille tai jopa kokonaisille alueille. Lisäksi kriteeristöjä on kehitetty hankkeiden eri vaiheisiin, joista yleisimmät ovat suunnittelun aikaiset

sertifioinnit, käytössä olevien rakennusten sertifioinnit sekä korjaushankkeisiin tarkoitetut sertifioinnit. (Green Building Council 2024.) Kaikkien aiemmin tarkasteltujen ympäristöluokitusjärjestelmien kriteerien pääryhmät on esitetty taulukossa 5.

Ympäristöluokitusjärjestelmien kriteerien aihealueet			
LEED	BREEAM	Joutsenmerkki	Rakennustiedon Ympäristöluokitus
Location and Transportation (Sijainti ja liikkuminen)	Management (Projektin hallinta)	Energia ja ilmasto	Prosessi
Sustainable Sites (Kestävä maankäyttö)	Water (Veden käyttö)	Resurssitehokkuus ja kiertotalous	Talous
Water Efficiency (Tehokas veden käyttö)	Energy (Energian käyttö)	Kemialliset tuotteet ja rakennusmateriaalit	Ympäristö ja energia
Energy and Atmosphere (Energia ja ilmakehään)	Transport (Liikenne)	Luonnon monimuotoisuus ja puuraaka-aineet	Sisäilma ja terveys
Materials and Resources (Materiaalit ja niiden lähteet)	Health & wellbeing (Terveys)	Sisäympäristö	Innovaatiot
Indoor Environmental Quality (Sisäolosuhteiden laatu)	Land use & ecology (Maankäyttö ja ympäristön suojelu)	Innovaatiot ja muut vihreät aloitteet	
Innovation (Innovatiivisuus)	Pollution (Päästöt ja saasteet)	Rakentamisprosessin laadunhallinta	
	Materials (Materiaalit)		
	Waste (Rakennusjäte ja kierrätysmahdollisuus)		
	Innovation (Innovaatiot)		

Taulukko 5. Keskeisten ympäristöluokitusjärjestelmien kriteerien pääryhmät. (LEED 2024a; BREEAM 2021a; Joutsenmerkki 2024a; Rakennustieto 2022.)

4.1.1 LEED

LEED on yhdysvaltalainen ympäristöluokitusjärjestelmä, joka aloitti toimintansa vuonna 1998. LEED sertifikaatteja on myönnetty 189 maassa ja se on maailmanlaajuisesti käytetty luokitusjärjestelmä. LEED sertifioinnin myöntää GBCI (Green Building Certification Inc.), joka toimii USGBC:n (U.S. Green Building Council) alaisuudessa. (LEED 2023.) Suomessa ensimmäinen LEED sertifikaatti on myönnetty vuonna 2009 Kauppakeskus Triolle. Vuoden 2024 lokakuuhun mennessä Suomessa oli 383 sertifioitua projektia. (LEED 2024b.)

LEED ympäristösertifikaatti on saatavilla uusille ja jo käytössä oleville rakennuksille. Luokitus sisältää kuusi eri luokitusjärjestelmää, jotka kohdistuvat rakennusten lisäksi myös kaupunki- ja aluekehitykseen. Valtaosa Suomessa myönnettyistä LEED sertifikaateista painottuu rakennushankkeille suunnattuun Building Design and Construction -luokitusjärjestelmään sekä käytössä olevien rakennusten toimintaan ja ylläpitoon kohdistuvaan Building Operations and Maintenance -järjestelmään. (LEED 2024b.) Kaikki LEED luokitusjärjestelmät ovat kuvattuna taulukossa 6.

LEED Luokitusjärjestelmät	
Building Design and Construction (BD+C)	Uudet rakennukset sekä peruskorjaukset
Interior Design and Construction (ID+C)	Sisätilat, kuten vähittäiskaupat ja majoitus
Building Operations and Maintenance (O+M)	Käytössä olevat rakennukset
Neighborhood Development (ND)	Aluesuunnittelu, korttelitasolla
Homes	Asuinkiinteistöt
Cities	Kaupunki- ja aluesuunnittelu, sis. infra

Taulukko 6. LEED luokitusjärjestelmät eri käyttökohteille. (LEED 2024b.)

Sertifioitava rakennus pisteytetään täytettyjen kriteerien mukaan. Kriteerit koskevat muun muassa rakennuksen energiatehokkuutta, veden käyttöä, materiaaleja, sisäolosuhteita sekä kestävää maankäyttöä. Kriteerit on jaettu kahdeksaan pääluokkaan. Korkein mahdollinen pistemäärä on 110. Rakennus luokitellaan saavutettujen pisteiden perusteella johonkin neljästä luokasta: Platinum (≥ 80 pistettä), Gold (≥ 60 pistettä), Silver (≥ 50 pistettä) tai Certified (≥ 40 pistettä). (LEED 2024a.)

4.1.2 BREEAM

BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) on Britanniassa kehitetty rakennusten ympäristöluokitusjärjestelmä, joka pohjautuu eurooppalaiseen normistoon. BREEAM on Euroopan sekä myös Suomen käytetyin ympäristöluokitusjärjestelmä. Sertifioinnin myöntää BRE (Building Research Establishment) paikallisen lisensoidun arvioitsijan, BREEAM Assessorin, antaman raportin perusteella. Kaikkiaan BREEAM sertifikaatteja on myönnetty yli puolelle miljoonalle rakennukselle ainakin 85 maassa. (BREEAM 2021b). Suomeen BREEAM ympäristöluokitus on saapunut 2010-luvulla, kun vuonna 2012 Prisma Lielahdesta tuli Suomen ensimmäinen BREEAM ympäristösertifikaatin saanut liikerakennus (Pirkanmaan osuuskauppa 2012).

BREEAM sisältää viisi luokitusjärjestelmää, joiden joukossa on LEED-järjestelmien tapaan niin infrarakentamiseen kuin talonrakennushankkeille soveltuvat järjestelmät. Suurin osa Suomessa myönnettyistä sertifikaateista kuuluu In Use-järjestelmään, joka on jo käytössä olevien rakennusten sertifiointiin kohdennettu järjestelmä. Noin kymmenen prosenttia myönnettyistä BREEAM-sertifioinneista Suomessa on uusille rakennuksille tarkoitettun New Construction -järjestelmän mukaisia. Sertifikaatin oman hankelistauksen

mukaan lokakuussa 2024 luokiteltuja hankkeita on Suomessa 1534 kappaletta, joista korkeimman Outstanding luokituksen mukaisia rakennuksia neljä kappaletta. (Breeam 2024a.) Kaikki REEAM luokitusjärjestelmät on kuvattuna taulukossa 7.

BREEAM Luokitusjärjestelmät	
In-use	Käytönaikainen
Refurbishment and fit-out	Korjausrakentaminen
Communities	Aluesuunnittelu, korttelit
New construction	Uudisrakentaminen
Infrastructure	Infrarakentaminen

Taulukko 7. BREEAM ympäristöluokitusjärjestelmät ja niiden käyttötarkoitukset. (BREEAM 2024b.)

Sertifikaattia haettaessa rakennus tai hanke pisteytetään ja arvioidaan kriteereiden avulla. Uusimmassa BREEAM New construction V6 -käsikirjassa sertifikaatin kriteerit on jaettu kymmeneen osioon aihealueen mukaan. Kriteereiden painotukset vaihtelevat hieman rakennuksen käyttötarkoituksen mukaan. Yleisesti katsottuna suurta painoarvoa annetaan energiatehokkuudelle sekä hyvien sisäolosuhteiden tavoittelulle.

(BREEAM 2021a.) Mikäli rakennukselle myönnetään ympäristösertifikaatti, saa rakennus jonkin viidestä luokituksesta: Pass ($\geq 30\%$ pisteistä), Good ($\geq 45\%$ pisteistä), Very Good ($\geq 55\%$ pisteistä), Excellent ($\geq 70\%$ pisteistä) tai Outstanding ($\geq 85\%$ pisteistä) (BREEAM 2021c).

4.1.3 Joutsenmerkki

Joutsenmerkki on Pohjoismaissa vuodesta 1989 alkaen käytössä ollut ympäristömerkki, joka tunnetaan myös nimellä Pohjoismainen ympäristömerkki. Sen myöntää Ympäristömerkintä Suomi Oy, jota hallinnoi valtion kestävän kehityksen yhtiö Motiva Oy. (Motiva 2024.) Joutsenmerkinnän rakennuksille tarkoitettu luokitus on suhteellisen uusi ja Suomen ensimmäinen Joutsenmerkitty rakennus sai sertifikaatin vuonna 2015 (Rakennuslehti 2015). Vuonna 2023 Joutsenmerkittyjä asuntoja, kouluja, päiväkoteja sekä pientaloja oli Pohjoismaissa yhteensä yli 32 000 kappaletta, joista Suomessa yli tuhat (Joutsenmerkki 2023).

Joutsenmerkin saavuttamiseksi rakennuksen tulee täyttää sille asetetut kriteerit. Korjaus- ja uudisrakentamiselle on omat kriteeristönsä, jotka sisältävät vähimmäisvaatimuksia sekä kriteereitä, joiden täyttymisestä saa pisteitä. Kriteeristö on jaettu seitsemään kokonaisuuteen aihepiirien mukaan, ja ne ovat *Energia ja ilmasto, Resurssitehokkuus ja kiertotalous, Kemialliset tuotteet ja rakennusmateriaalit, Luonnon monimuotoisuus ja puuraaka-aineet, Sisäympäristö, Innovaatiot ja muut vihreät aloitteet* sekä *Rakentamisprosessin laadunhallinta*. Valinnaisista kriteereistä on saatavilla yhteensä 64 pistettä. Sertifikaatin saamiseksi tulee saavuttaa Suomessa vähintään 22–26 pistettä riippuen rakennuksen käyttötarkoituksesta. Valtaosa pisteistä on saatavilla kriteereistä,

jotka kuuluvat *Energia ja ilmasto* sekä *Resurssitehokkuus ja kiertotalous* -alueille. Näiden kriteerien alle kuuluu muun muassa energiatodistuksen raja-arvojen mukainen energiatehokkuus, EU-taksonomian mukainen hiilijalanjäljen arviointi sekä jätehuolto-suunnitelma. (Joutsenmerkki 2024a, 14, 19, 27, 46, 92).

4.1.4 Rakennustiedon ympäristöluokitus

Rakennustiedon ympäristöluokitus on suomalainen ympäristöluokitus. Rakennustiedon ympäristöluokitus tunnettiin aiemmin nimellä RTS-ympäristöluokitus. Ensimmäinen kriteeristö rakennushankkeille on julkaistu vuonna 2016. Kansainvälisiin luokituksiin verrattuna Rakennustiedon ympäristöluokituksessa korostuu erityisesti paikalliset rakentamisen käytänteet, kuten Kuivaketju 10 -toimintamalli ja sisäilmastoluokitus. Luokituksen myöntää Rakennustietosäätiö RTS sr:n alainen Rakennustieto Oy. (Rakennustieto 2024a.) Rakennustiedon ympäristöluokituksen saaneita rakennuksia oli vuoden 2024 lokakuuhun mennessä 55 kappaletta (Rakennustieto 2024b).

Jotta rakennukselle voidaan myöntää Rakennustiedon ympäristöluokitus, sen tulee täyttää sille suunnatun kriteeristön vähimmäisvaatimukset. Rakennushankkeille ja jo käytössä oleville rakennuksille on omat luokituksensa, jotka pitävät sisällään eri kriteeristöt toimitila- ja palvelurakennuksille sekä asuinkerrostaloille. Rakennukselle myönnetään luokitus täytettyjen kriteereiden pisteytyksen mukaan, joiden kertymistä seurataan Rakennustiedon ympäristöluokituksen työkalun avulla, johon kerätään myös vaadittu todistusaineisto. (Rakennustieto 2024c.)

Rakennushankkeille tarkoitetussa *Hanke2022: Toimitila ja palvelurakennukset* -kriteeristössä on viisi pääryhmää ja 28 alakriteeriä. Pääryhmät ovat *Prosessi, Talous, Ympäristö ja energia, Sisäilma ja terveellisyys* sekä *Innovaatiot*. Eniten pisteitä on saatavilla *Ympäristö ja energia* -pääryhmässä, johon sisältyy esimerkiksi hiilijalanjälkilaskenta ja rakennuksen energiatehokkuuden määrittäminen. Korkein mahdollinen pistemäärä hankekriteeristöllä on 110 pistettä. Luokitusten tasot ovat: viisi tähteä (≥ 85 pistettä), neljä tähteä (≥ 70 pistettä), kolme tähteä (≥ 55 pistettä), kaksi tähteä (≥ 40 pistettä) ja yksi tähti (≥ 25 pistettä). (Rakennustieto 2022, 3-4.)

Jo olemassa oleville rakennuksille tarkoitettu *Käyttö2023: Toimitila- ja palvelurakennukset* -kriteeristö poikkeaa hieman uudisrakennusten kriteereistä. Siinä prosessia ja taloutta koskevien kriteereiden tilalla on kiinteistöhallinnan kriteerit, jotka kohdistuvat ylläpitoon ja kunnossapitoon. Tähtiluokitusten pistevaatimukset ovat kuitenkin yhteneväiset molemmissa kriteeristöissä. (Rakennustieto 2023, 5-6.)

4.2 Sertifiointikustannukset

Ympäristöluokitusjärjestelmän valintaan vaikuttaa sen sopivuuden lisäksi sertifikaatin hankinnasta aiheutuvat kustannukset. Ympäristöluokitusten verkkosivuilla ilmoitetuissa rekisteröinti- ja luokitusmaksuissa on huomattavia eroja. Esimerkkilaskelmassa tarkastellaan eri sertifikaateista aiheutuvia kustannuksia 5400 brm² koulurakennukselle. Huomioon ei ole otettu mahdollisia vuosimaksuja, konsulttipalkkioita eikä kriteerien vaikutusta rakentamisen kustannuksiin.

	LEED	BREEAM	Rakennustiedon YL	Joutsenmerkki
Rekisteröinti	7 300 €	1 340 €	2 870 €	3 521 €
Luokitus	4 500 €	4 830 €	4 755 €	21 600 €
Yhteensä	11 800 €	6 170 €	7 625 €	24 851 €

Taulukko 8. Ympäristösertifikaattien kustannusten erot esimerkkilaskelman koulurakennukselle. (LEED 2024c; BREEAM 2024c; Rakennustieto 2024d; Joutsenmerkki 2024b.)

Esimerkkilaskelman tuloksena voidaan todeta korkeimmat kustannukset olevan Joutsenmerkillä (24 851 €). Sertifiointikustannukset muodostuvat rekisteröintimaksusta sekä neliökohtaisesti määräytyvästä luokitusmaksusta. Vastaavasti edullisimmat sertifikaattikustannukset ovat BREEAM-sertifikaatilla (6 170 €), mikäli rakennukselle haetaan vain yhden osa-alueen sertifikaattia.

4.3 Sertifiointin vaikutukset toteutukseen

Edellä kuvatuilla ympäristöluokituksilla on omat uudis- ja korjausrakentamiseen kohdenneet luokitusjärjestelmänsä. Luokituksen vaatimukset voivat vaikuttaa rakennuksen suunnitteluun ja esimerkiksi arkkitehtuuriin, materiaalivalintoihin, energiaratkaisuihin ja muihin suunnitteluvalintoihin. Päätökset tavoiteltavasta ympäristöluokituksesta ja tietystä luokitustasosta voivat olla hankkeen alusta saakka ohjaavia suuntaviivoja. Päätös sertifikaatin tavoittelusta tulisi tehdä mahdollisimman varhaisessa vaiheessa hanketta, jotta vaatimukset ehditään täyttää ja huomioida. Sertifiointin kriteeristöjä voi hyödyntää myös suunnittelunohjauksessa ja esimerkiksi julkisissa hankinnoissa, vaikka varsinaista sertifikaattia ei tavoiteltaisikaan.

Ympäristösertifikaatit asettavat vaatimuksia suunnittelun ja rakentamisen aikaiselle toiminnalle sekä valvonnalle. Vaatimuksilla on lukuisia käytännön vaikutuksia esimerkiksi kosteuden- ja puhtaudenhallintaan, jätehuoltoon sekä energiankäyttöön. Kriteerien toteutuminen osoitetaan asianmukaisella dokumentoinnilla, esimerkiksi toteutussuunnitelmilla ja pöytäkirjoilla. Lisäksi sertifikaatit voivat asettaa vaatimuksia

hankehenkilöstölle ja heidän pätevyyksillensä. Esimerkiksi Rakennustiedon ympäristöluokitus vaatii jo kahden tähden saavuttamiseksi ulkopuolisen kosteudenhallintakoordinaattorin nimeämistä (Rakennustieto 2022, 13).

Useimmilla sertifikaateilla on luokitukset myös korjausrakentamiseen. Vaihtoehtoisesti korjaushankkeisiin sovelletaan uudisrakentamisen kriteerejä. Korjausrakentamisen sertifikaatteja yhdistää erityisesti tavoitteet hyvästä sisäilmasta ja energiankulutuksen pienentämisestä. Uusiutuvan energian käyttöön ja energiankäytön pienentämiseen tähtävien kriteerien taustalla vaikuttaa se, että rakennetun ympäristön päästöistä suurin osa aiheutuu käytönaikaisesta energiankulutuksesta (Rakennusteollisuus 2024). Lisäksi energiankulutuksen pienentäminen on usein tilaajan tahtotila käytönaikaisten kustannusten pienentämiseksi. Korjaushankkeiden kriteereihin sisältyy usein myös purkuun ja olemassa oleviin rakenteisiin kohdistuvia vaatimuksia, kuten vaarallisten aineiden sekä uudelleenkäytettävien materiaalien kartoitus.

Ympäristöluokituksilla on lisäksi omat järjestelmänsä jo olemassa olevien rakennusten käytönaikaiseen sertifiointiin. Käytönaikaiset sertifikaatit ovat viime vuosina kasvattaneet suosiotaan. Jo olemassa olevien rakennusten kohdalla kriteerit kohdistuvat rakennuksen toimivuuteen, energiatehokkuuteen ja käyttäjien hyvinvointiin. Erityisesti korostuu järjestelmällinen ylläpito, parannukset ja huolto. Esimerkiksi Rakennustiedon ympäristöluokituksen *Käyttö2023: Asuinrakennukset* -kriteeristön painotuksen mukaisesti korkein määrä pisteitä on mahdollista saavuttaa sisäilmastoa, käytönaikaista energiankulutusta ja kiinteistöjohtamista koskevista kriteereistä (Rakennustieto 2023, 5). Muita keskeisiä vaatimuksia käytönaikaisissa sertifiointeissa on usein ylläpidon tason sekä kunnossapidon huomioiminen suunnittelussa esimerkiksi huoltosuunnitelman pohjalta.

4.4 Ympäristöluokituksen esiselvitys kouluhankkeelle

Osana tutkimusta tehtiin esiselvitys ympäristöluokituksen vaatimuksista edellä kuvatulle 5400 kem² koulurakennukselle. Esiselvityksessä tarkasteltiin millaisia kriteereitä ja vaatimuksia tulee huomioida, kun tavoitteena on saavuttaa kolmen tai neljän tähden luokitus Rakennustiedon ympäristöluokituksesta. Esiselvitys tehtiin Rakennustiedon ympäristöluokituksen Hanke2022: Toimitila- ja palvelurakennukset -kriteeristön perusteella. Selvityksen tavoitteena oli tarkastella, miten ympäristöluokitus vaikuttaa hankesuunnitteluvaiheessa ja ohjaa suunnittelua.

Esiselvitykseen valittiin vähimmäisvaatimusten lisäksi sellaiset kriteerit, joiden uskotaan toteutuvan yleisesti käytettyjä laatujärjestelmiä noudattamalla. Lisäksi valittiin kriteerit, joiden katsotaan soveltuvan koulurakennushankkeeseen. Selvityksessä on pyritty

huomioimaan kriteerin täyttämiseksi vaadittu työkuorma suhteessa saavutettavissa oleviin pisteisiin. Esiselvitys on kokonaisuudessaan tämän julkaisun liitteessä 6.

Jotta rakennus voi saavuttaa Rakennustiedon ympäristöluokituksen kolmen tähden luokituksen (hyvä ympäristölaadun taso), tulee sen saavuttaa vähintään 55 pistettä. Mikäli rakennukselle tavoitellaan neljän tähden luokitusta (korkea ympäristölaadun taso), vaadittu vähimmäispistemäärä on 70 pistettä. Sekä kolmen, että neljän tähden luokituksen täyttämiseksi tulee hankkeen täyttää vähimmäisvaatimukset, jotka ovat kuvattu tarkemmin taulukossa 9. (Rakennustieto 2022, 4.)

Kriteeri	3 tähteä	4 tähteä
P1.2 Talotekninen toiminnanvarmistus ja valvonta	50 %	100 %
P1.3 Käytön opastus	100 %	100 %
P2.1 Kosteusteknisten riskien hallinta suunnittelussa	75 %	75 %
P2.2 Työmaan kosteudenhallinta	75 %	100 %
Y1.1 Elinkaaren hiilijalanjälki; SÄÄSTÖ	15 %	30 %
Y2.1 Energiatehokkuus	30 %	40 %
S1.1 Lämpöolosuhteet	25 %	50 %
S1.2 Sisäilman laatu	50 %	50 %
S1.4 Materiaalien emissiot	50 %	75 %

Taulukko 9. Kolmen ja neljän tähden luokitustasojen vähimmäisvaatimukset (Rakennustieto 2022, 4.)

Vähimmäisvaatimuksia asetetaan esimerkiksi rakennuksen energiatehokkuutta koskevassa kriteerissä (Y2.1). Kriteeri asettaa ylärajan sallitulle rakennuksen laskennallisen energiatehokkuuden vertailuluvulle eli E-luvulle. Opetusrakennuksen tavoitellessa neljän tähden luokitusta saa E-luku olla korkeintaan 82, kun vastaavasti asuinkerrostalolla se saa olla korkeintaan 73. Samaan pääryhmään kuuluvan hiilijalanjälkisäästön kriteerin (Y1.1) täyttämiseksi tulee rakennuksen hiilijalanjälki laskea ja osoittaa säästö vertailuratkaisuun verrattuna. Vertailuluku määritetään Rakennustiedon verkkosivuilta löytyvän CO₂-laskurin avulla. Y1.1 ja Y2.1 kriteerien painoarvo on korkea, sillä niiden yhteenlaskettu maksimipistemäärä on viisitoista pistettä. (Rakennustieto 2022, 38, 44.)

Kriteereissä on hyödynnetty Suomessa laajasti käytössä olevia Sisäilmastoluokituksen laatuluokkia. Laatuluokat ovat *S1: Yksilöllinen sisäilmasto*, *S2: Hyvä sisäilmasto* sekä *S3: Tyydyttävä sisäilmasto*. Sisäilmastoluokitus asettaa vaatimuksia sisäolosuhteille, kuten akustiikalle, sisäilmalle, lämpöolosuhteille sekä valaistukselle. (Rakennustieto 2018.) Saavuttaakseen Rakennustiedon kolmen tai neljän tähden ympäristöluokituksen, rakennuksen tulee täyttää vähintään sisäilmastoluokituksen S2-luokan vaatimukset.

Saadakseen korkein pisteluokitus sisäilman laadusta ja lämpöolosuhteista, eli kolme-toista pistettä, rakennuksen tulisi täyttää S1 luokan sisäilmaston vaatimukset. (Rakennustieto 2022, 62, 65.)

Käytön opastus -kriteerin on täytyttävä kokonaan vähimmäisvaatimuksena kolmen ja neljän tähden luokituksen saamiseksi. Kriteerin täyttämisen ehtona on rakennuksen loppukäyttäjille suunnatun käyttöohjeen laatiminen sekä ylläpitohenkilökunnalle suunnatun perehdytysaineiston kokoaminen. Kriteeri pyrkii edistämään tiedonvälitystä rakentajalta käyttäjälle, jotta käyttäjä voi saada kokonaiskuvan rakennuksen toiminnasta ja teknisistä järjestelmistä. (Rakennustieto 2022, 11.)

Aiemmin mainittujen vähimmäisvaatimusten lisäksi kriteeristö asettaa vaatimuksen ulkopuolisista valvojista ja asiantuntijoista. Pätevän ja puolueettoman valvojan nimeäminen on edellytyksenä kolmen tai useamman tähden ympäristöluokituksen saavuttamiseksi useassa kriteeristön kohdassa, kuten kriteereissä *Talotekninen toiminnanvarmistus ja valvonta* (P1.2), *Kosteusteknisten riskien hallinta suunnittelussa* (P2.1) sekä *Työmaan kosteudenhallinta* (P2.2). Samat kriteerit asettavat vaatimuksia myös työmaanaikaisille mittauksille asiantuntijan toimesta, kuten kosteusmittaukset kosteudenhallintakoordinaattorin tekemänä. (Rakennustieto 2022, 6-17.)

4.4.1 Tavoiteltavat kriteerit

Tavoiteltavien kriteereiden valintaprosessia lähestyttiin poissulkemalla ne kriteerit, joiden täyttäminen olisi oletettavasti haastavaa erityisesti koulurakennusten suurten tilojen ja käyttäjämäärien vuoksi, samalla ottaen huomioon vähimmäisvaatimusten täyttymisen. Esimerkiksi kriteerit korkeasta luonnonvalon määrästä, määrästasoa paremmasta ääneneristävyydestä sekä sisäilmastoluokan S1 mukaisista sisäolosuhteista eivät ole pakollisia neljän tähden luokituksen saavuttamiseksi, mutta asettaisivat vaatimuksia suunnittelulle ja rakentamiselle. Ehdotuksesta rajattiin pois ylläpitotarpeen huomiointi (kriteeri T2.2), jonka toteutumiseen vaaditaan kattava kunnossapitosuunnitelma tuleville 50 vuodelle. Lisäksi pois rajattiin muuntojoustavuuden kriteeri (T2.3), jossa rakennukselle tulisi määrittää vaihtoehtoinen käyttötarkoitus. Myöskään mahdollisia innovaatiokriteeristä saatavia pisteitä ei huomioitu selvityksessä. Tavoiteltavat innovaatiot tulisi määrittää aidossa hankkeessa yhdessä suunnittelijoiden ja hankkeen toteuttajan kanssa, käyttäen apuna ajantasaista hyväksytyjen innovaatioiden listausta.

Tavoiteltavia kriteereitä valikoitui vähimmäisvaatimusten lisäksi tasaisesti kaikista pääryhmistä. Painoarvoa annettiin elinkaarikustannuksille, energiatehokkuudelle sekä ylläpidettävyydelle koulurakennuksen elinkaarikustannusten optimoimiseksi. Kriteereissä Y1.1 (hiilijalanjälki) ja Y2.1 (energiatehokkuus) tavoiteltaviksi on laskettu kolmen tai neljän tähden luokituksen vähimmäispistemäärä. Kriteereitä pyrittiin valitsemaan myös siten,

että ne osaltaan edesauttaisivat turvallisen ja viihtyisän koulurakennuksen aikaansaamista. Tällaisia kriteereitä ovat esimerkiksi liikenteen turvallisuuteen, valaistukseen sekä akustiikkaan kohdistuvat kriteerit. Tavoiteltavat kriteerit sekä pisteytyksen jakautuminen on esitetty taulukossa 10.

Pääryhmä	Ryhmä	Tavoiteltava luokitustaso	
		3 tähteä	4 tähteä
Prosessi 23 p	Hankkeenohjaus	6,5	8,0
	Kosteudenhallinta	9,0	10,0
	Työmaaohjaus	3,0	5,0
Prosessi yhteensä		18,5	23,0
Talous 12 p	Elinkaarikustannus	2,3	3,0
	Ylläpidettävyys	5,0	6,0
Talous yhteensä		7,3	9,0
Ympäristö ja energia 35 p	Hiilijalanjälki	4,6	5,8
	Energia	6,6	9,0
	Vesi	3,0	3,0
	Vaikutukset ympäristöön	3,5	4,3
Ympäristö ja energia yhteensä		17,6	22,0
Sisäilma ja terveellisyys 30 p	Sisäilman laatu	9,3	10,8
	Visuaalinen viihtyvyys	2	4
	Akustiikka	1,5	4,5
Sisäilma ja terveellisyys yhteensä		12,8	19,3
Tavoiteltavat pisteet yhteensä		56,1	73,2

Taulukko 10. Esiselvityksessä tavoiteltavaksi esitetyt kriteerit pääryhmittäin sekä pisteiden muodostuminen.

5 Johtopäätökset

Ensimmäisessä osiossa tarkasteltiin energiasimulointeja ja niiden pohjalta määritettyjä hiilijalanjälki- ja elinkaarikustannusvaikutuksia. Tulokset korostavat elinkaariajattelun tärkeyttä, sillä investointikustannuksiltaan kallein maalämpö- ja aurinkosähköjärjestelmän yhdistelmä oli lopulta E-luvun, hiilijalanjäljen ja elinkaarikustannusten näkökulmasta tehokkain vaihtoehto tarkastelluista. Tarkasteltujen vaihtoehtojen välillä oli elinkaarikustannuksissa huomattavaa vaihtelua, jopa miljoonia euroja. Myös hiilijalanjälki vaihteli huomattavasti energiovaihtoehtojen välillä. Tulevaisuudessa ja jatkotutkimuksissa tulisi syventyä energijärjestelmien materiaalien aiheuttamaan hiilijalanjälkeen, erityisesti kaukolämpö- ja maalämpölaitteistojen osalta. Tulokset osoittivat myös, että aurinkosähköjärjestelmä ei automaattisesti ole ilmastovaikutuksiltaan tehokas vaihtoehto, jos se ei tue muita energijärjestelmiä. Paneelien valmistamisen päästöt ovat korkeat, joten niiden hankintaa tulee aina tarkastella kokonaisuutena ja kriittisesti. Keskeistä on huomioida, miten aurinkopaneelien tuottama energia on hyödynnettävissä ja millaista energiaa se korvaa.

Rakenteiden osalta tarkasteltiin hiilijalanjälkivaikutuksia ja investointikustannuksia neljälle erilaiselle runkovaihtoehdolle. Rakenteiden hiilijalanjälki- ja kustannusvaikutuksen tutkimista varten luotiin aluksi kaksi vaihtoehtoa: betoni- ja puurakenteiset versiot. Kun hiilijalanjälki ja kustannusvaikutukset oli saatu arvioitua näille kahdelle vaihtoehdolle, huomattiin nopeasti hiilijalanjäljen olevan korkea ja kustannuksen matala tai päinvastoin. Näiden havaintojen pohjalta määritettiin vielä kaksi muuta skenaariota: vähähiilisestä betonista rakennettu vaihtoehto ja hybridirakenteinen vaihtoehto. Vähähiilisen betonin vaihtoehdossa (versio 3) rakenteet olivat pääosin samat kuin ensimmäisessä betonirakenteisessa versiossa, mutta vähähiilisellä betonilla toteutettuja. Ensimmäisen version tulosten pohjalta tehtiin kuitenkin havainto, että tuulettuva alapohja ja muurattu julkisivu voivat olla hinnan ja päästöjen näkökulmasta tehottomia vaihtoehtoja. Näin ollen kolmanteen versioon muutettiin ensimmäisestä versiosta vähähiilisen betonin ohella puinen julkisivu ja maanvarainen alapohjalaatta. Vähähiilisellä betonilla, maanvaraisella alapohjalla ja puujulkisivuilla kolmannen version hiilijalanjälki laski 31% ja kustannukset noin 9,5% betonirakenteiseen ensimmäiseen versioon verrattuna.

Neljännän version osalta arvioitiin, millaisilla rakenteilla olisi mahdollista saavuttaa päästöt, jotka olisivat suurusluokaltaan puurakennetta vastaavat, mutta ilman kustannusten merkittävää nousua betonirakenteiseen versioon verrattuna. Erityisesti ongelmalliseksi havaittiin välipohjarakenne. Mikäli haluttaisiin toteuttaa koulu kantavin seinin, tulee välipohjan mahdollistaa riittävän pitkät jännevälit, jos rakennuksessa on useita kerroksia. Tutkimusta ohjasi kuitenkin löyhästi arkkitehdin tilakaaviot, joiden mukaan koulurakennus tulisi olemaan kaksikerroksinen. Puurakenteiset välipohjat, joilla

päästään riittäviin jänneväleihin, voivat olla melko kalliita. Betonirakenteiden päästöt puolestaan ovat korkeammat. Havaintojen pohjalta päädyttiin ratkaisuun, jossa neljännessä versiossa olisi pääosin vähähiilinen teräsbetoninen pilari-palkkirunko. Tällöin välipohjarakenteen jänneväli olisi vain alapuolisten palkkien väli, jonka oli arvioitu olevan kuusi metriä. Pilari-palkkirungon ohella neljännessä versiossa hyödynnettiin kaikkien kolmen edellisen version ratkaisuja, jotka olisivat yhteensopivat ja joiden kustannukset sekä hiilijalanjälki olisi kohtuullinen. Näitä olivat maanvarainen alapohja, CLT-sisäkuorelliset ulkoseinät puujulkisivulla ja vähähiiliset teräsbetoniväliseinät. Pilarit ja palkit neljännessä versiossa on vähähiilistä teräsbetonia varsinaisen rakennuksen osalta ja liimapuuta liikuntasalin osalta. Liikuntasaliin valittiin liimapuinen pilari-palkki runko sillä aiemmissa versioissa oli havaittu sen olevan kustannuksiltaan melko kilpailukykyinen ja lisäksi hiilijalanjälki on betonirunkoon verrattuna matalampi. Lisäksi yläpohjarakenne oli neljännessä versiossa erilainen aiempiin versioihin verrattuna. Yläpohjarakenne oli puuristikkorakenteinen ilman alapuolista CLT- tai betonilaattaa. Vaikka ristikkorakenteinen yläpohja ilman alapuolista vaakasuoraa kantavaa rakennetta voikin asettaa työmaatoteutukselle haasteita, sen ominaisuudet riittävät asianmukaisella palonsuojalavytyksellä R60 palonkestoluokkaan, joten sen pitäisi olla toteutuskelpoinen rakenne koulurakennukseen. Näillä rakenteilla hybridirakenteisen neljännen version hiilijalanjälki oli vain noin 11 % korkeampi verrattuna matalapäästöisimpään puurakenteiseen versioon (versio 2) ja 50 % matalampi verrattuna versioon 1, jossa oli betonirunko ja arvioitun joukon korkein hiilijalanjälki.

Pisteytyksen pohjalta korkeimman tuloksen (92 pistettä) sai neljäs, hybridirakenteinen, versio. Tulosten perusteella vaikuttaa siltä, että yhdistelemällä eri ratkaisuja niiden parhaiden ominaisuuksien suhteessa, voidaan saavuttaa vähähiilisiä ja kustannustehokkaita ratkaisuja. Tutkimusta voisi laajentaa edelleen esimerkiksi tarkastelemalla koulun osalta liimapuista pilari-palkkirunkoa, tilaelementtejä tai uudelleenkäytettyjä rakennosia. Tutkimuksessa haasteeksi osoittautui lähtötietojen rajallisuus tietokirjastoissa erityisesti kustannuslaskelman tekemisen näkökulmasta. Jo yleisimpien massiivi- ja liimapuurakenteiden kustannuslaskentaan oikean tiedon löytäminen oli haastavaa ja laskelmat vaativat manuaalista työtä.

Rakennerversioiden arviointi ei ole täydellinen ja voi sisältää epätarkkuuksia. Mukana ei ole esimerkiksi pintarakenteita, ikkunoita, ovia, talotekniikkaa tai perustuksia. Vaikka täydentävät rakenteet olisivatkin todennäköisesti melko samankaltaiset huolimatta runkoratkaisusta, tulee todellista rakennusta tarkastella aina kokonaisuutena. Näin olleen vertailun tuloksia tulee lähinnä tarkastella suhteessa toisiinsa, ei absoluuttisina lukuina. Ilmasto- ja kustannusvaikutuksien arvioimiseksi tehty määräarviointi voi sisältää epätarkkuutta, sillä se on tehty tilakaavioiden, oletuksien ja aiempien kohteiden määräarviointien pohjalta. Rakennetyypit ovat tarkoitettu ohjeelliseksi ja oikeassa kohteessa tulee konsultoida arkkitehtia ja rakennesuunnittelijaa. Kouluhankkeeseen soveltuvat rakenneratkaisut eivät myöskään rajoitu nyt tarkasteltuihin.

Ympäristöluokitusten osiossa tarkasteltiin yleisimpiä luokituksia ja ehdotettiin kouluhankkeelle tavoiteltavia kriteereitä. Luokitusten osalta havaittiin, että ne sisältävät laajan kirjon muitakin asioita, kuin esimerkiksi pelkän hiilijalanjäljen tai energiatehokkuuden. Parhaimmillaan sertifikaatit voivat toimia kokonaisvaltaisena ja tehokkaana työkaluna, joka ohjaa ilmastoviisaan ja kestäväen kehityksen mukaisen hankkeen suunnittelua ja toteutusta. Toisaalta sertifikaattien käyttö voi heikoimmillaan jäädä pelkäksi muodollisuudeksi, jossa hankkeet tavoittelevat minimivaatimusten täyttämistä ilman aitoa sitoutumista kestäväen kehitykseen. Tällöin sertifikaatin rooli saattaa kaventua "vihreän leiman" hankintaan, jossa ympäristövaikutusten todellinen vähentäminen jää toissijaiseksi. Sertifikaattien tehokkuuden varmistamiseksi tarvitaan sitoutumista sekä läpinäkyvää, hankkeen läpi ulottuvaa ympäristöstrategiaa, jotta ne voivat aidosti tukea ilmastotavoitteita ja ohjata resurssitehokkaiden ja ympäristöystävällisten ratkaisujen käyttöön. Oikeassa hankkeessa tavoiteltavaa luokitusta tulee tarkastella projektin alusta lähtien koko hanketiimin voimin, jotta siihen sitoudutaan ja sillä on aitoa vaikutavuutta.

Tämän tutkimuksen tekijät vakuuttavat, että heillä ei ole eturistiriitoja tai puolueellisuutta, jotka voisivat vaikuttaa tutkimuksen tuloksiin tai johtopäätöksiin. Kaikki tutkimuksessa esitetyt tiedot ja analyysit on tehty objektiivisesti ja tieteellisiä periaatteita noudattaen. Tutkijat ovat sitoutuneet avoimuuteen ja rehellisyyteen tutkimusprosessin kaikissa vaiheissa varmistamaan tulosten luotettavuuden ja uskottavuuden. Määrä- ja kustannuslaskelmissa tietojen tarkkuus on lähtötietojen tarkkuuden tasolla, eli väliarvoja ei ole pyöristetty missään vaiheessa. Liitteenä olevissa taulukoissa on ilmoitettu tarkkuus kunkin tiedon kohdalla. Tulokset on pääosin pyöristetty kahden desimaalin tarkkuuteen.

Lähteet

BREEAM. 2021a. About BREEAM International New Construction Version 6. <https://urly.fi/3Cux>. 3.10.2024.

BREEAM. 2021b. Introduction to BREEAM. <https://urly.fi/3CrY>. 3.10.2024.

BREEAM. 2021c. BREEAM International New Construction V6.0. <https://urly.fi/3A7I>. 14.8.2024.

BREEAM. 2024a. Explore the data behind BREEAM projects. <https://tools.breeam.com/projects/explore/buildings.jsp>. 2.10.2024

BREEAM. 2024b. An introduction to BREEAM. <https://breeam.com/standards/>. 3.10.2024.

BREEAM. 2024c. International New construction fees. https://breeam.com/breeam-usa/fees-for-usa-projects?p_l_back_url=%2Fbreeam_search%3Fq%3Dfees. 12.8.2024.

Green Building Council Finland. 2023. Ympäristösertifointien määrä jatkaa tasaista kasvua. <https://figbc.fi/ymparistosertifointien-maara-jatkaa-tasaista-kasvua>. 12.8.2024.

Joutsenmerkki. 2023. Joutsenmerkittyjen rakennusten kriteerit tiukentuivat – uudistuksen ytimessä ilmasto ja kiertotalous. <https://joutsenmerkki.fi/rakennusten-kriteerit-tiukentuivat/>. 14.8.2024.

Joutsenmerkki. 2024a. Joutsenmerkin kriteerit. Uudisrakennukset. https://joutsenmerkki.fi/wp-content/uploads/2023/02/089fi_4_4_CD.pdf. 2.10.2024.

Joutsenmerkki. 2024b. Uudisrakennukset, maksut. <https://joutsenmerkki.fi/kriteerit/089-uudisrakennukset/>. 13.8.2024.

LEED. 2023. The history of USGBC. <https://www.usgbc.org/about/mission-vision>. 13.8.2024.

LEED. 2024a. Project checklist. https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fstorage.par-dot.com%2F413862%2F1620063369yrzKyKyq%2FLEED_v4.1_for_Building_Design_and_Construction_Checklist_Updated_4.26.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK. 12.8.2024.

LEED. 2024b. LEED project directory. <https://www.usgbc.org/projects?Country=%5B%22Finland%22%5D&SearchResultsSortOption=%22Featured%22>. 3.10.2024.

LEED. 2024c. Registration and certification fees. <https://www.usgbc.org/tools/leed-certification/fees>. 12.8.2024.

Motiva. 2024. Ympäristömerkit. https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/energiatarkastus_arki/ymparistomerkit. 3.10.2024.

Myllyviita, T. & Roisko, R. 2024. Talotekniikan suunnitteluvaihtoehtojen elinkaarikustannukset. A-Insinöörit Suunnittelu Oy. <https://rakentaminen.karelia.fi/wp-content/uploads/2024/09/Talotekniikan-suunnitteluvaihtoehtojen-elinkaarikustannukset-26.6.2024.pdf>. 25.10.2024.

Pirkanmaan Osuuskauppa. 2012. Suomen ensimmäinen liikerakennukselle myönnetty BREEAM-ympäristösertifikaatti Prisma Lielahdelle. <https://pirkanmaanosuuskauppa.fi/news/suomen-ensimmainen-liikerakennukselle-myonnetty-breeam-ymparistosertifikaatti-prisma-lielahdelle/>. 3.10.2024.

Rakennuslehti. 2015. Tässä on Suomen ensimmäinen Joutsenmerkitty talo. <https://www.rakennuslehti.fi/2015/12/tassa-on-suomen-ensimmainen-joutsenmerkitty-talo/>. 3.10.2024.

Rakennusteollisuus. 2024. Vähähiilisuuden tiekartta. <https://rt.fi/tietoa-alasta/ymparisto-ja-ilmastovahahiilinen-rakentaminen/vahahiilisuuden-tiekartta/>. 2.10.2024.

Rakennustieto. 2022. RTS-ympäristöluokitus Hanke2022: Toimitila ja palvelurakennukset. Arviointikriteeristö. https://tiedostot.rakennustieto.fi/ymparisto/yl/rts-ymparistoluokitus_v2-1_hanke2022_toimitila_ ja_palvelurakennukset2022_221110.pdf. 2.10.2024.

Rakennustieto. 2023. Rakennustiedon ympäristöluokitus. Käyttö2023 Toimitila- ja palvelurakennukset. Käytössä olevan rakennuksen kriteeristö. https://tiedostot.rakennustieto.fi/ymp/Kaytto2023_toimitila_231115.pdf. 12.8.2024.

Rakennustieto. 2024a. Rakennustiedon ympäristöluokitus rakennushankkeelle. <https://ymparisto.rakennustieto.fi/rakennustiedon-ymparistoluokitus/rakennustiedon-ymparistoluokitus-rakennushankkeelle>. 12.8.2024.

Rakennustieto. 2024b. Hankegalleria. <https://ymparisto.rakennustieto.fi/rakennustiedon-ymparistoluokitus/hankegalleria>. 13.8.2024.

Rakennustieto. 2024c. Rakennustiedon ympäristöluokitus. <https://ymparisto.rakennustieto.fi/rakennustiedon-ymparistoluokitus>. 14.8.2024.

Rakennustieto. 2024d. Rakennustiedon ympäristöluokituksen käyttäjälisenssi ja hinnasto. <https://ymparisto.rakennustieto.fi/rakennustiedon-ymparistoluokitus/rakennustiedon-ymparistoluokitus-kayttajalisenssi-ja-hinnasto>. 13.8.2024.

Rakentamisen päästötietokanta. 2024. CO2data. <https://co2data.fi/rakentaminen/>. 28.10.2024.

Rakennustieto. 2018. RT07-11299. Sisäilmastoluokitus 2018. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2007-11299>. 3.10.2024.

USGBC. 2024b. LEED rating system. <https://www.usgbc.org/leed>. 3.10.2024.

Ympäristöministeriö. 2021. Luonnos ohjeeksi rakennuksen vähähiilisyyden arviointiin.
<https://www.lausuntopalvelu.fi/FI/Proposal/DownloadProposalAttachment?proposalid=0b297461-cdee-4657-9a4e-d2791315257d&attachmentid=15860>. 2.10.2024.

Liite 1. Koulun tilaohjelma

3-sarjaisen koulun tilaohjelma

450 oppilasta, 30 työntekijää

Tila	määrä (kpl)	pinta-ala/ tila (m ²)	pinta-ala/ yht. (m ²)
Hallinto-, työ- ja kokoustilat			
Rehtorin työtila	1	15	15
Koulusihteerin työtila	1	12	12
Apulaisjohtajan työtila	1	10	10
Kokoushuone	1	20	20
Henkilökunnan taukotila	1	60	60
Henkilökunnan wc hallinnon tiloissa	1	2	2
Henkilökunnan wc:t soluissa	3	2	6
Henkilökunnan sos.tilat (pukuh.,wc ja suihku)	2	15	30
Monistushuone	1	15	15
Keskusradio/ puhelinhuone	1	5	5
		yht.	175
Opetustilat			
Yleisopetustila	15	60	900
Yleisopetustila, isompi	3	75	75
Jakotila	9	30	270
Pienryhmätila	3	35	35
Laaja-alaisen erityisopetuksen tila	3	25	75
Kelpo			
Soluaula	3	100	300
Vetäytyminen/ rauhoittuminen	3	8	24
Kieliluokka	2	60	120
Musiikkiluokka	1	80	80
Kuvataide	1	90	90
Tekstiilityö	1	90	90
Luonnontieto	1	60	60
Tekninentyö (penkkisali, kuuma- ja pintakäsittely, konesali)	1	170	170
		yht.	2289
Oppilaiden tilat			
Kenkäeteinen	3	20	60
Vaate-eteinen	3	30	90
WC,oppilaat (1 kpl/ alkava 15 opp.)	30	2	60
Esteetön WC,oppilaat	2	5	10
Oppilaskunnan tila / iltapäiväkerhon tila (keittiövarustus)	1	15	15
		yht.	235
Liikuntatilat			
Liikuntasali	1	800	800
Pukuhuone, oppilaat	2	15	30
Suihku, oppilaat	2	6	12
WC, oppilaat, esteetön	2	5	10
Pukuhuone, opettajat	1	5	5
Suihku, opettajat	1	2	2

WC, opettajat	1	2	2
		yht.	861
Ruokahuollon tilat			
Ruokasali / Tori	1	200	200
Kabinetti	1		
Jakelulinjasto	1	50	50
Astianpalautuslinjasto	1	15	15
Jakelukeittiö (sis. työtila ja sos.tila)	1	120	120
		yht.	385
Oppilashuollon tilat			
Terveystieteiden laitoksen työtila	1	15	15
Terveystieteiden työtila	1	15	15
Psykologin työtila	1	10	10
Kuraattorin työtila	1	10	10
Lepotila	1	7	7
Odotustila	1	10	10
WC, esteetön	1	5	5
		yht.	72
Varastot			
Arkisto/varasto	1	20	20
Opetusvälinevarasto	3	10	30
Musiikin varasto	1	10	10
Kuvataiteen varasto	1	10	10
Tekstiilityön varasto	1	10	10
Teknisen työn varasto	1	15	15
Liikuntasalin varasto, koulu	1	30	30
Liikuntasalin varasto, iltakäyttö	1	15	15
Tuolivarasto			
Keittiön varasto	1	10	10
Keittiön laatikkovarasto	1	5	5
Siivousvälinevarasto	2	5	10
Kiinteistöhuollon varasto	1	10	10
		yht.	175
Kiinteistöhuollon tilat			
Siivouskeskus	1	20	20
Siivouskomero, 2 krs	1	3	3
Siistijöiden puku- ja pesutilat	1	5	5
Kiinteistöhoitajan tila	1	10	10
		yht.	38
Huoneala			4055
Hyötyala (huonela ilman liikennetiloja)			3995
Hyötyala oppilasta kohti (450 opp)			8,88
Muut			
VSS			85

VSS:n laitetila			12
Käytävät, aulat, tuulikaapit			599
Pääsisäänkäynnin kenkä- ja vaate-eteinen	1	15	15
Hissi	1	5	5
Purunpoisto	1	5	5
Kaasut	1	3	3
		yht.	724

Tekniikan tilat

IV-konehuone			
Sähköpääkeskus			
Lämmönjakohuone			
Ryhmäkeskukset			
<i>yhteensä noin 10% hyötyalasta</i>			400
		yht.	400

Puolilämpimät ja kylmät tilat

Kylmä jätetila (keittiö ja koulu)	1	12	12
Kylmä UVV	1	25	25
Puolilämmin UVV	1	25	25
Kiinteistöhoiton kylmä varasto	1	10	10
		yht.	72

Kaikki tilat yhteensä

Kerrosala **5166**
5424

Liite 2. Energiasimuloinnit

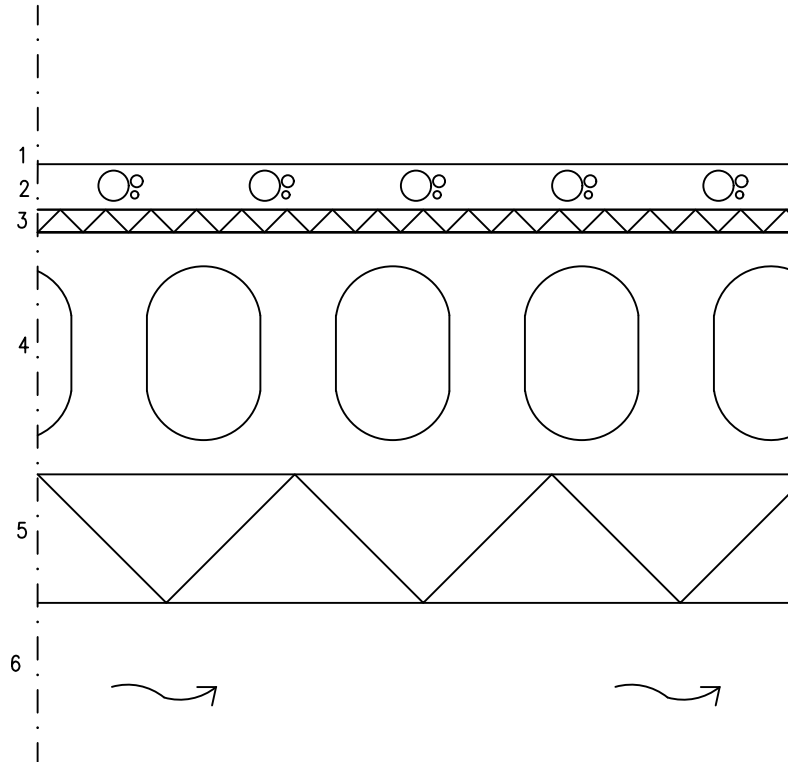
Maalämpö + aurinko 0 kWp	MWh	kWh/m ²	Ton CO ₂	E-luku kWh/m ² (≤ 100)	MWh tammik.	MWh helmik.	MWh maalisk.	MWh huhtik.	MWh toukok.	MWh kesäk.	MWh heinäk.	MWh elok.	MWh syysk.	MWh lokak.	MWh marrask.	MWh jouluk.
Ostoenergia:				80												
• Lämmitysenergia:	0	0	0	0												
• Jäähdytysenergia:	0	0	0	0												
• Sähköenergia:	366,84	66,65	81,81	79,98	34,69	32,12	29,92	26,32	26,77	27,64	39,09	34,54	25,14	27,74	29,72	33,15
• Lämmityssähkö:	127,31	23,13			17,04	16,42	12,70	9,53	6,83	5,95	5,90	6,16	7,82	10,09	12,72	16,14
• Jäähdytys­sähkö:	34,87	6,34			0,00	0,00	0,00	0,00	2,28	5,13	15,75	10,74	0,97	0,00	0,00	0,00
• LVI, muu sähkö:	102,96	18,71			8,69	7,90	8,65	8,60	8,69	8,38	8,86	8,69	8,56	8,69	8,43	8,82
• Valaistussähkö:	46,54	8,46			4,10	3,57	3,92	3,74	4,10	3,74	3,92	4,10	3,57	4,10	3,92	3,74
• Laitesähkö:	55,16	10,02			4,86	4,23	4,65	4,44	4,86	4,44	4,65	4,86	4,23	4,86	4,65	4,44
Sähkön bruttotarve:	366,84	66,65			34,69	32,12	29,92	26,32	26,77	27,64	39,09	34,54	25,14	27,74	29,72	33,15
Uusiutuva omavaraisenergia:	343,09	62,33			45,45	44,26	34,30	25,73	18,45	16,05	15,94	16,62	21,11	27,24	34,34	43,58
• Lämpöpumppu, lämmitys:	343,09	62,33			45,45	44,26	34,30	25,73	18,45	16,05	15,94	16,62	21,11	27,24	34,34	43,58
Ilmaisenergia, muu:	0	0														
Uusiutuva/Ilmainen, ylijäämä:	0	0														
Lämmitysenergian tarve:	470,39	85,46			62,49	60,69	47,00	35,27	25,29	22,00	21,84	22,78	28,93	37,33	47,06	59,72
• Simuloitu, IV-kone:	56,28	10,23			13,80	16,80	6,73	1,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	1,21	5,17	10,73
• Häviöenergia:	0,00	0,00														
• Simuloitu, tilalaitteet:	259,40	47,13			34,19	30,81	26,62	20,81	13,14	10,49	10,04	10,88	16,69	22,89	28,39	34,47
• Häviöenergia:	28,82	5,24			3,80	3,42	2,96	2,31	1,46	1,17	1,12	1,21	1,85	2,54	3,15	3,83
• Lämmin käyttövesi:	60,54	11,00			5,14	4,64	5,14	4,98	5,14	4,98	5,14	5,14	4,98	5,14	4,98	5,14
• Häviöenergia:	65,35	11,87			5,55	5,01	5,55	5,37	5,55	5,37	5,55	5,55	5,37	5,55	5,37	5,55
• Muu:	0,00	0,00														
Jäähdytysenergian tarve:	87,17	15,84			0,00	0,00	0,00	0,00	5,70	12,83	39,38	26,84	2,43	0,00	0,00	0,00
• Simuloitu, IV-kone:	87,17	15,84			0,00	0,00	0,00	0,00	5,70	12,83	39,38	26,84	2,43	0,00	0,00	0,00
• Häviöenergia:	0,00	0,00														
• Simuloitu, tilalaitteet:	0,00	0,00														
• Häviöenergia:	0,00	0,00														
• Muu:	0,00	0,00														
LVI sähkön tarve:	102,96	18,71			8,69	7,90	8,65	8,60	8,69	8,38	8,86	8,69	8,56	8,69	8,43	8,82
• Simuloitu, puhaltimet:	91,13	16,56			7,65	6,99	7,65	7,65	7,65	7,43	7,87	7,65	7,65	7,65	7,43	7,87
• Muu:	11,83	2,15			1,04	0,91	1,00	0,95	1,04	0,95	1,00	1,04	0,91	1,04	1,00	0,95
Valaistussähkön tarve:	46,54	8,46			4,10	3,57	3,92	3,74	4,10	3,74	3,92	4,10	3,57	4,10	3,92	3,74
• Tilat:	46,54	8,46			4,10	3,57	3,92	3,74	4,10	3,74	3,92	4,10	3,57	4,10	3,92	3,74
• Rakennus:	0,00	0,00														
Laitesähkön tarve:	55,16	10,02			4,86	4,23	4,65	4,44	4,86	4,44	4,65	4,86	4,23	4,86	4,65	4,44
• Tilat:	55,16	10,02			4,86	4,23	4,65	4,44	4,86	4,44	4,65	4,86	4,23	4,86	4,65	4,44
• Rakennus:	0,00	0,00														
Maalämpö + aurinko 40 kWp																
Ostoenergia:				71,00												
• Lämmitysenergia:	0,00	0,00	0,00	0,00												
• Jäähdytysenergia:	0,00	0,00	0,00	0,00												
• Sähköenergia:	323,96	58,86	72,24	70,63	34,04	30,72	25,46	20,02	20,02	21,19	33,36	29,72	21,25	26,55	29,07	32,55
• Lämmityssähkö:	105,95	19,25			16,58	15,46	9,72	5,94	3,94	3,46	3,80	4,09	5,64	9,32	12,28	15,73
• Jäähdytys­sähkö:	31,33	5,69			0,00	0,00	0,00	0,00	1,92	4,31	14,30	9,92	0,88	0,00	0,00	0,00
• LVI, muu sähkö:	92,00	16,72			8,58	7,66	7,76	6,95	6,59	6,45	7,51	7,53	7,52	8,44	8,30	8,71
• Valaistussähkö:	43,33	7,87			4,06	3,48	3,65	3,26	3,47	3,18	3,55	3,75	3,30	4,02	3,88	3,71
• Laitesähkö:	51,35	9,33			4,81	4,12	4,33	3,87	4,11	3,77	4,21	4,44	3,92	4,77	4,60	4,40
Sähkön bruttotarve:	366,84	66,65			34,69	32,12	29,92	26,32	26,77	27,64	39,09	34,54	25,14	27,74	29,72	33,15
• Lämmityssähkö:	127,31	23,13			17,04	16,42	12,70	9,53	6,83	5,95	5,90	6,16	7,82	10,09	12,72	16,14
• Jäähdytys­sähkö:	34,87	6,34			0,00	0,00	0,00	0,00	2,28	5,13	15,75	10,74	0,97	0,00	0,00	0,00
• LVI, muu sähkö:	102,96	18,71			8,69	7,90	8,65	8,60	8,69	8,38	8,86	8,69	8,56	8,69	8,43	8,82
• Valaistussähkö:	46,54	8,46			4,10	3,57	3,92	3,74	4,10	3,74	3,92	4,10	3,57	4,10	3,92	3,74
• Laitesähkö:	55,16	10,02			4,86	4,23	4,65	4,44	4,86	4,44	4,65	4,86	4,23	4,86	4,65	4,44
Uusiutuva omavaraisenergia:	385,96	70,12			46,10	45,66	38,75	32,03	25,20	22,51	21,67	21,44	25,00	28,43	34,99	44,18
Ilmaisenergia, muu:	0,00	0,00														
Uusiutuva/Ilmainen, ylijäämä:	10,63	1,93			0,00	0,00	0,01	1,15	2,78	2,76	1,97	1,43	0,55	0,00	0,00	0,00
Lämmitysenergian tarve:	470,39	85,46			62,49	60,69	47,00	35,27	25,29	22,00	21,84	22,78	28,93	37,33	47,06	59,72
• Simuloitu, IV-kone:	56,28	10,23			13,80	16,80	6,73	1,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	1,21	5,17	10,73
• Häviöenergia:	0,00	0,00														
• Simuloitu, tilalaitteet:	259,40	47,13			34,19	30,81	26,62	20,81	13,14	10,49	10,04	10,88	16,69	22,89	28,39	34,47
• Häviöenergia:	28,82	5,24			3,80	3,42	2,96	2,31	1,46	1,17	1,12	1,21	1,85	2,54	3,15	3,83
• Lämmin käyttövesi:	60,54	11,00			5,14	4,64	5,14	4,98	5,14	4,98	5,14	5,14	4,98	5,14	4,98	5,14
• Häviöenergia:	65,35	11,87			5,55	5,01	5,55	5,37	5,55	5,37	5,55	5,55	5,37	5,55	5,37	5,55
• Muu:	0,00	0,00														
Jäähdytysenergian tarve:	87,17	15,84			0,00	0,00	0,00	0,00	5,70	12,83	39,38	26,84	2,43	0,00	0,00	0,00
• Simuloitu, IV-kone:	87,17	15,84			0,00	0,00	0,00	0,00	5,70	12,83	39,38	26,84	2,43	0,00	0,00	0,00
• Häviöenergia:	0,00	0,00														
• Simuloitu, tilalaitteet:	0,00	0,00														
• Häviöenergia:	0,00	0,00														
• Muu:	0,00	0,00														
LVI sähkön tarve:	102,96	18,71			8,69	7,90	8,65	8,60	8,69	8,38	8,86	8,69	8,56	8,69	8,43	8,82

• Simuloitu, tilalaitteet:	259,40	47,13			34,19	30,81	26,62	20,81	13,14	10,49	10,04	10,88	16,69	22,89	28,39	34,47
• Häviöenergia:	28,82	5,24			3,80	3,42	2,96	2,31	1,46	1,17	1,12	1,21	1,85	2,54	3,15	3,83
• Lämmin käyttövesi:	60,54	11,00			5,14	4,64	5,14	4,98	5,14	4,98	5,14	5,14	4,98	5,14	4,98	5,14
• Häviöenergia:	65,35	11,87			5,55	5,01	5,55	5,37	5,55	5,37	5,55	5,55	5,37	5,55	5,37	5,55
• Muu:	0,00	0,00														
Jäähdytysenergian tarve:	87,17	15,84			0,00	0,00	0,00	0,00	5,70	12,83	39,38	26,84	2,43	0,00	0,00	0,00
• Simuloitu, IV-kone:	87,17	15,84			0,00	0,00	0,00	0,00	5,70	12,83	39,38	26,84	2,43	0,00	0,00	0,00
• Häviöenergia:	0,00	0,00														
• Simuloitu, tilalaitteet:	0,00	0,00														
• Häviöenergia:	0,00	0,00														
• Muu:	0,00	0,00														
LVI sähkön tarve:	102,96	18,71			8,69	7,90	8,65	8,60	8,69	8,38	8,86	8,69	8,56	8,69	8,43	8,82
• Simuloitu, puhaltimet:	91,13	16,56			7,65	6,99	7,65	7,65	7,65	7,43	7,87	7,65	7,65	7,65	7,43	7,87
• Muu:	11,83	2,15			1,04	0,91	1,00	0,95	1,04	0,95	1,00	1,04	0,91	1,04	1,00	0,95
Valaistussähkön tarve:	46,54	8,46			4,10	3,57	3,92	3,74	4,10	3,74	3,92	4,10	3,57	4,10	3,92	3,74
• Tilat:	46,54	8,46			4,10	3,57	3,92	3,74	4,10	3,74	3,92	4,10	3,57	4,10	3,92	3,74
• Rakennus:	0,00	0,00														
Laitesähkön tarve:	55,16	10,02			4,86	4,23	4,65	4,44	4,86	4,44	4,65	4,86	4,23	4,86	4,65	4,44
• Tilat:	55,16	10,02			4,86	4,23	4,65	4,44	4,86	4,44	4,65	4,86	4,23	4,86	4,65	4,44
• Rakennus:	0,00	0,00														
Maalämpö + aurinko 100 kWp	MWh	kWh/m²	Ton CO₂	E-luku kWh/m² (≤100)	MWh tammik.	MWh helmik.	MWh maalisk.	MWh huhtik.	MWh toukok.	MWh kesäk.	MWh heinäk.	MWh elok.	MWh syysk.	MWh lokak.	MWh marrask.	MWh jouluk.
Ostoenergia:				60,00												
• Lämmitysenergia:	0,00	0,00	0,00	0,00												
• Jäähdytysenergia:	0,00	0,00	0,00	0,00												
• Sähköenergia:	274,35	49,85	61,18	59,81	33,06	28,77	20,54	13,58	12,05	13,45	26,62	24,43	17,34	24,77	28,09	31,66
• Lämmityssähkö:	88,33	16,05			15,90	14,14	7,00	3,54	1,66	1,59	2,47	2,89	4,26	8,16	11,61	15,11
• Jäähdytysenergia:	26,02	4,73			0,00	0,00	0,00	0,00	1,38	3,08	12,11	8,69	0,74	0,00	0,00	0,00
• LVI, muu sähkö:	75,86	13,78			8,42	7,31	6,45	4,48	3,52	3,65	5,51	5,80	5,98	8,07	8,12	8,55
• Valaistussähkö:	38,51	7,00			4,00	3,35	3,24	2,54	2,51	2,34	2,99	3,22	2,91	3,90	3,83	3,66
• Laitesähkö:	45,64	8,29			4,75	3,97	3,85	3,01	2,98	2,78	3,54	3,82	3,45	4,63	4,53	4,34
Sähkön bruttotarve:	366,84	66,65			34,69	32,12	29,92	26,32	26,77	27,64	39,09	34,54	25,14	27,74	29,72	33,15
• Lämmityssähkö:	127,31	23,13			17,04	16,42	12,70	9,53	6,83	5,95	5,90	6,16	7,82	10,09	12,72	16,14
• Jäähdytysenergia:	34,87	6,34			0,00	0,00	0,00	0,00	2,28	5,13	15,75	10,74	0,97	0,00	0,00	0,00
• LVI, muu sähkö:	102,96	18,71			8,69	7,90	8,65	8,60	8,69	8,38	8,86	8,69	8,56	8,69	8,43	8,82
• Valaistussähkö:	46,54	8,46			4,10	3,57	3,92	3,74	4,10	3,74	3,92	4,10	3,57	4,10	3,92	3,74
• Laitesähkö:	55,16	10,02			4,86	4,23	4,65	4,44	4,86	4,44	4,65	4,86	4,23	4,86	4,65	4,44
Uusiutuva omavaraisenergia:	435,58	79,14			47,08	47,61	43,68	38,47	33,17	30,25	28,41	26,73	28,92	30,22	35,97	45,07
Ilmaisenergia, muu:	0,00	0,00														
Uusiutuva/ilmainen, ylijäämä:	41,28	7,50			0,00	0,14	1,78	5,86	9,09	8,84	6,77	5,51	3,28	0,00	0,00	0,00
Lämmitysenergian tarve:	470,39	85,46			62,49	60,69	47,00	35,27	25,29	22,00	21,84	22,78	28,93	37,33	47,06	59,72
• Simuloitu, IV-kone:	56,28	10,23			13,80	16,80	6,73	1,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	1,21	5,17	10,73
• Häviöenergia:	0,00	0,00														
• Simuloitu, tilalaitteet:	259,40	47,13			34,19	30,81	26,62	20,81	13,14	10,49	10,04	10,88	16,69	22,89	28,39	34,47
• Häviöenergia:	28,82	5,24			3,80	3,42	2,96	2,31	1,46	1,17	1,12	1,21	1,85	2,54	3,15	3,83
• Lämmin käyttövesi:	60,54	11,00			5,14	4,64	5,14	4,98	5,14	4,98	5,14	5,14	4,98	5,14	4,98	5,14
• Häviöenergia:	65,35	11,87			5,55	5,01	5,55	5,37	5,55	5,37	5,55	5,55	5,37	5,55	5,37	5,55
• Muu:	0,00	0,00														
Jäähdytysenergian tarve:	87,17	15,84			0,00	0,00	0,00	0,00	5,70	12,83	39,38	26,84	2,43	0,00	0,00	0,00
• Simuloitu, IV-kone:	87,17	15,84			0,00	0,00	0,00	0,00	5,70	12,83	39,38	26,84	2,43	0,00	0,00	0,00
• Häviöenergia:	0,00	0,00														
• Simuloitu, tilalaitteet:	0,00	0,00														
• Häviöenergia:	0,00	0,00														
• Muu:	0,00	0,00														
LVI sähkön tarve:	102,96	18,71			8,69	7,90	8,65	8,60	8,69	8,38	8,86	8,69	8,56	8,69	8,43	8,82
• Simuloitu, puhaltimet:	91,13	16,56			7,65	6,99	7,65	7,65	7,65	7,43	7,87	7,65	7,65	7,65	7,43	7,87
• Muu:	11,83	2,15			1,04	0,91	1,00	0,95	1,04	0,95	1,00	1,04	0,91	1,04	1,00	0,95
Valaistussähkön tarve:	46,54	8,46			4,10	3,57	3,92	3,74	4,10	3,74	3,92	4,10	3,57	4,10	3,92	3,74
• Tilat:	46,54	8,46			4,10	3,57	3,92	3,74	4,10	3,74	3,92	4,10	3,57	4,10	3,92	3,74
• Rakennus:	0,00	0,00														
Laitesähkön tarve:	55,16	10,02			4,86	4,23	4,65	4,44	4,86	4,44	4,65	4,86	4,23	4,86	4,65	4,44
• Tilat:	55,16	10,02			4,86	4,23	4,65	4,44	4,86	4,44	4,65	4,86	4,23	4,86	4,65	4,44
• Rakennus:	0,00	0,00														
Kaukolämpö + aurinko 0 kWp	MWh	kWh/m²	Ton CO₂	E-luku kWh/m² (≤100)	MWh tammik.	MWh helmik.	MWh maalisk.	MWh huhtik.	MWh toukok.	MWh kesäk.	MWh heinäk.	MWh elok.	MWh syysk.	MWh lokak.	MWh marrask.	MWh jouluk.
Ostoenergia:				97												
• Lämmitysenergia:	484,94	88,11	106,69	44,05	64,42	62,56	48,45	36,36	26,07	22,68	22,52	23,48	29,82	38,49	48,51	61,57
• Jäähdytysenergia:	0,00	0,00	0,00	0,00												
• Sähköenergia:	239,54	43,52	53,42	52,22	17,65	15,69	17,22	16,78	19,93	21,70	33,19	28,39	17,32	17,65	17,00	17,00
• Lämmityssähkö:	0,00	0,00														
• Jäähdytysenergia:	34,87	6,34			0,00	0,00	0,00	0,00	2,28	5,13	15,75	10,74	0,97	0,00	0,00	0,00
• LVI, muu sähkö:	102,96	18,71			8,69	7,90	8,65	8,60	8,69	8,38	8,86	8,69	8,56	8,69	8,43	8,82
• Valaistussähkö:	46,54	8,46			4,10	3,57	3,92	3,74	4,10	3,74	3,92	4,10	3,57	4,10	3,92	3,74

Liite 3. Koulun rakenteiden rakennetyypit

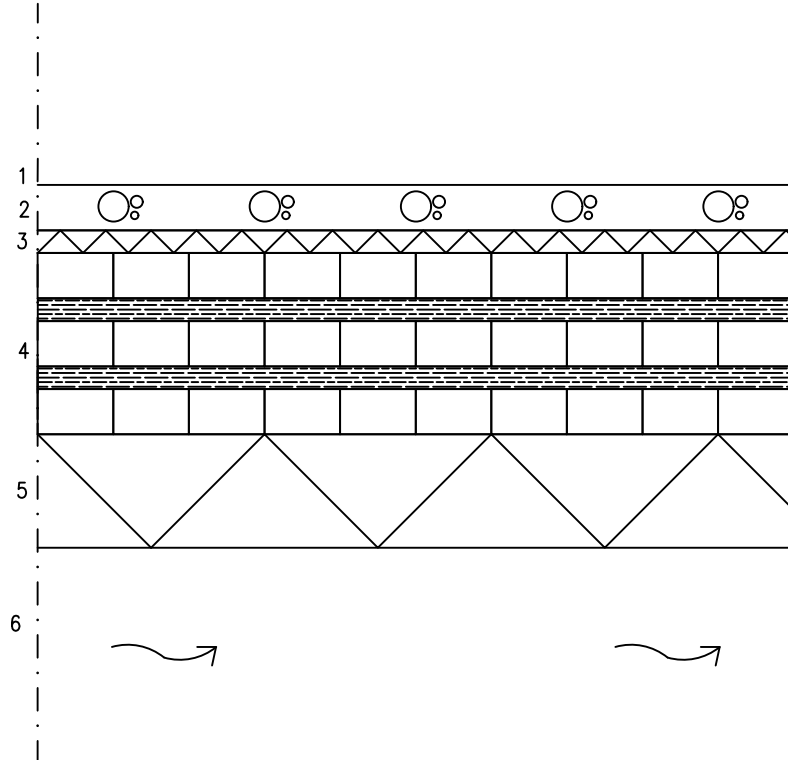
	Rakennus Koulun rakenteet	Alapohja – Ontelolaatta, tuulettuva	
	PVM 04.10.2024		Tekijä JKo
AP1			

Mk



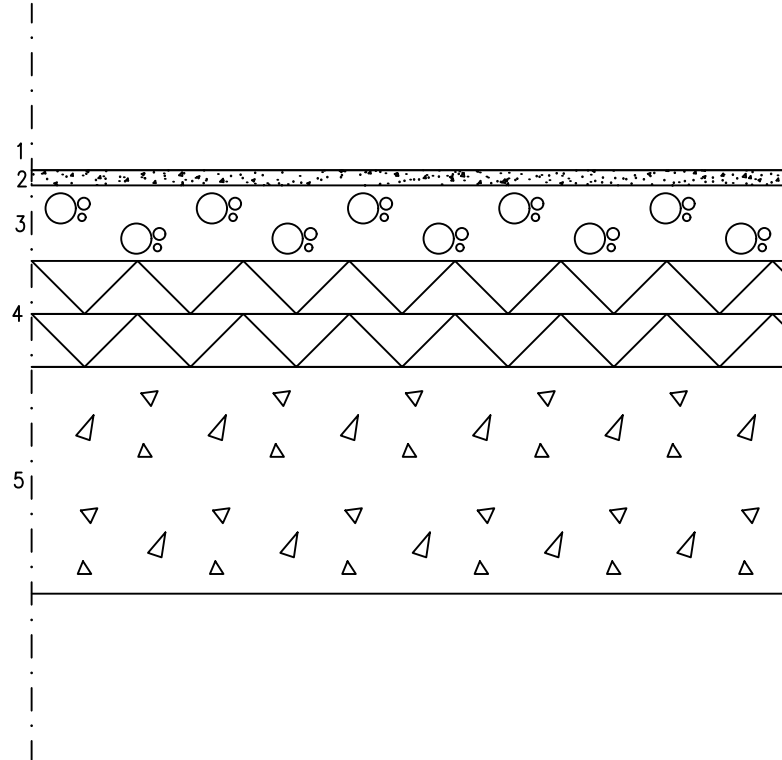
- 1 PINTAMATERIAALI JA –KÄSITTELY
- 60 mm 2 TERÄSBETONILAATTA
Betoni C25/30, rauditus 5–150
- 30 mm 3 ASKELÄÄNIERISTE
Jäykkä villa
- 320 mm 4 KANTAVA RAKENNE
Ontelolaatta 320 mm
- 170 mm 5 LÄMMÖNERISTE
Suulakepuristettu polystyreeni (XPS)
- 6 TUULETTUVA ALAPOHJATILA

Mk



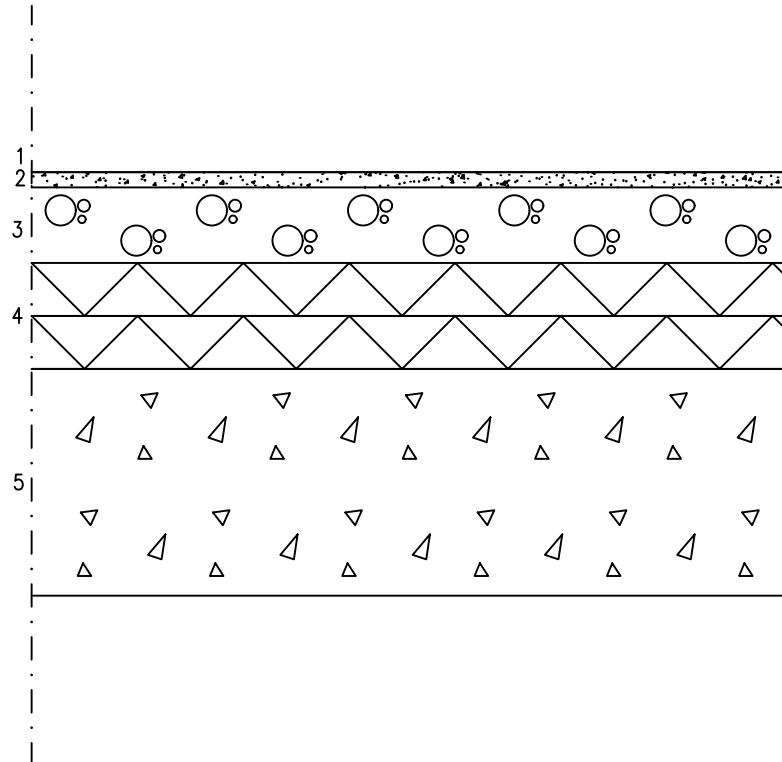
- | | | |
|--------|---|---|
| | 1 | PINTAMATERIAALI JA –KÄSITTELY |
| 60 mm | 2 | TERÄSBETONILAATTA
Betoni C25/30, rauditus 5–150 |
| 30 mm | 3 | ASKELÄÄNIERISTE
Jäykkä villa |
| 240 mm | 4 | KANTAVA RAKENNE
Ristiinlaminoitu massiivipuulevy (CLT) |
| 150 mm | 5 | LÄMMÖNERISTE
Mineraalivilla tuulensuojalla |
| | 6 | TUULETTUVA ALAPOHJATILA |

Mk



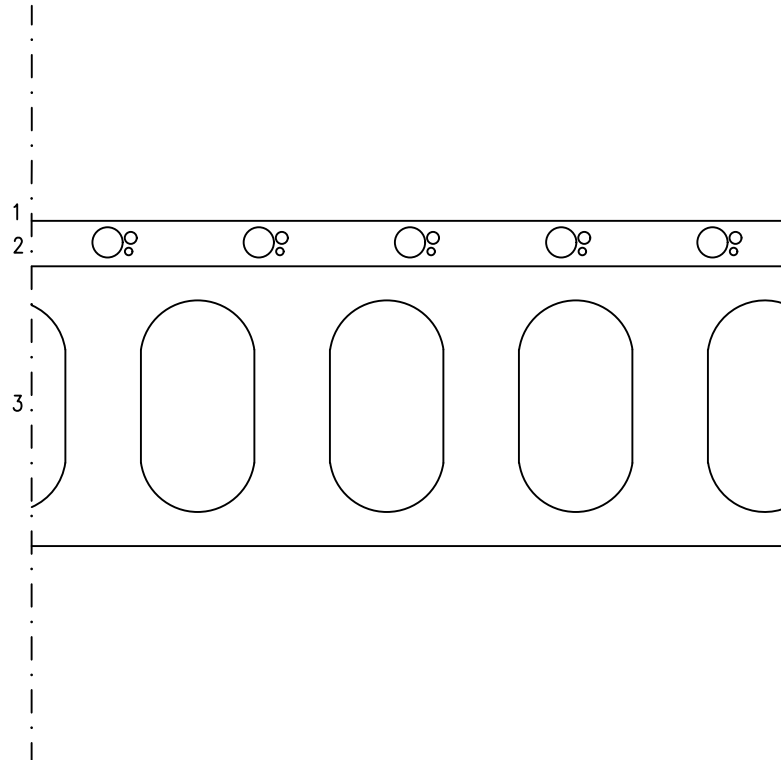
- 1 PINTAMATERIAALI JA –KÄSITTELY
- 20 mm 2 LATTIATASOITE
Sementtipohjainen tasoite
- 100 mm 3 TERÄSBETONI
Betoni C25/30 GWP70, rauditus 40 kg/m³
- 140 mm 4 LÄMMÖNERISTYS
Sulakepuristettu polystyreeni (XPS)
- 300 mm 5 KAPILLAARIKATKOKERROS
Murske / sora

Mk



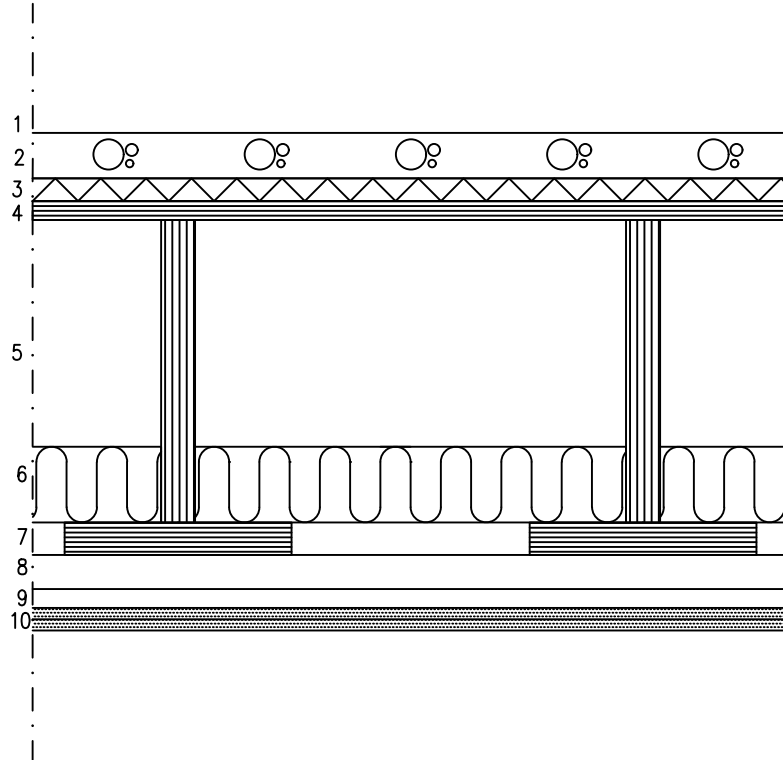
- 1 PINTAMATERIAALI JA –KÄSITTELY
- 20 mm 2 LATTIATASOITE
Sementtipohjainen tasoite
- 100 mm 3 TERÄSBETONI
Betoni C25/30, rauditus 40 kg/m
- 140 mm 4 LÄMMÖNERISTYS
Sulakepuristettu polystyreeni (XPS)
- 300 mm 5 KAPILLAARIKATKOKERROS
Murske / sora

Mk



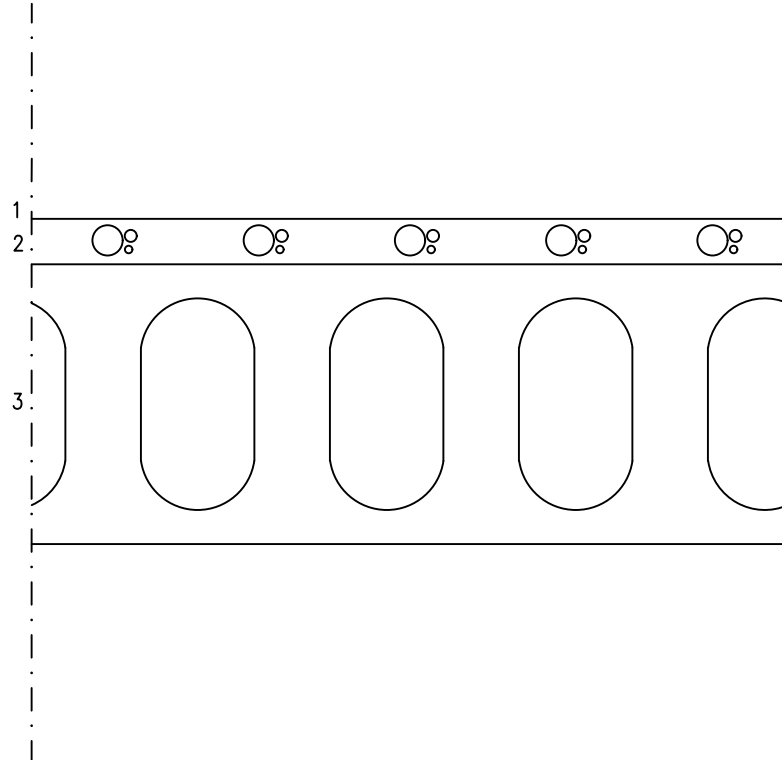
- | | | |
|--------|---|---|
| | 1 | PINTAMATERIAALI JA –KÄSITTELY |
| 60 mm | 2 | TERÄSBETONILAATTA
Betoni, rauditus 5–150 |
| 370 mm | 3 | KANTAVA RAKENNE
Ontelolaatta |

Mk



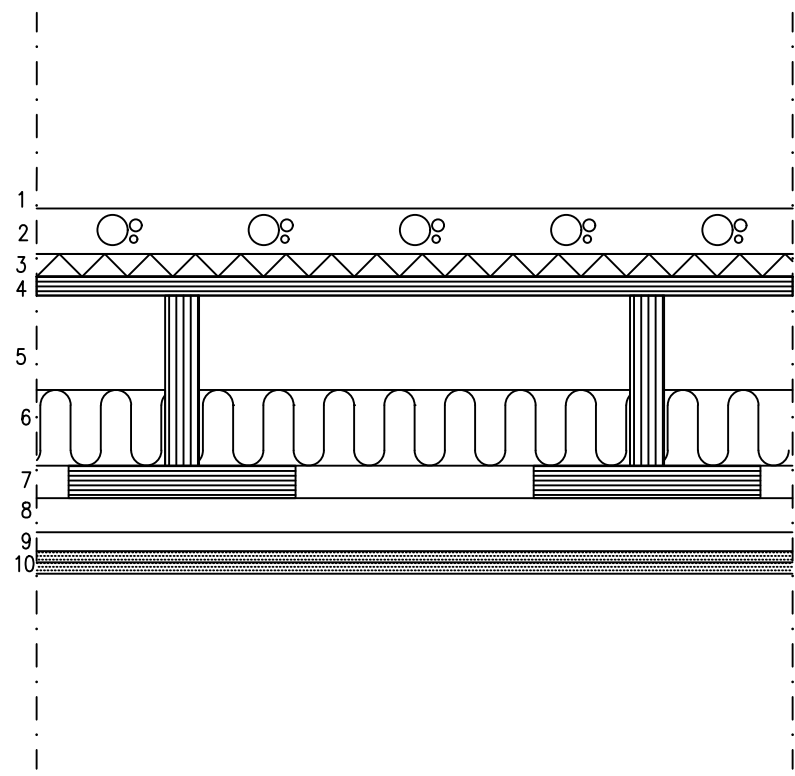
- | | | |
|--------|----|--|
| | 1 | PINTAMATERIAALI JA –KÄSITTELY |
| 60 mm | 2 | TERÄSBETONILAATTA
Betoni C25/30, rauditus 5–150 |
| 30 mm | 3 | ASKELÄÄNIERISTE
Jäykkä mineraalivilla |
| 25 mm | 4 | YLÄLEVY
Viilupuu (LVL) |
| 400 mm | 5 | PALKIT
Viilupuu (LVL), 45x400 mm k615 |
| 43 mm | 6 | ALALEVY
Viilupuu (LVL) |
| 100 mm | 7 | ÄÄNIERISTE
Mineraalivilla |
| 45 mm | 8 | KOOLAUS
Sahatavara, 45x45 mm k400 |
| 25 mm | 9 | JOUSIRANKA
Terästä, k300 |
| 30 mm | 10 | KIPSILEVY
Palokipsilevy 2x 15 mm |

Mk



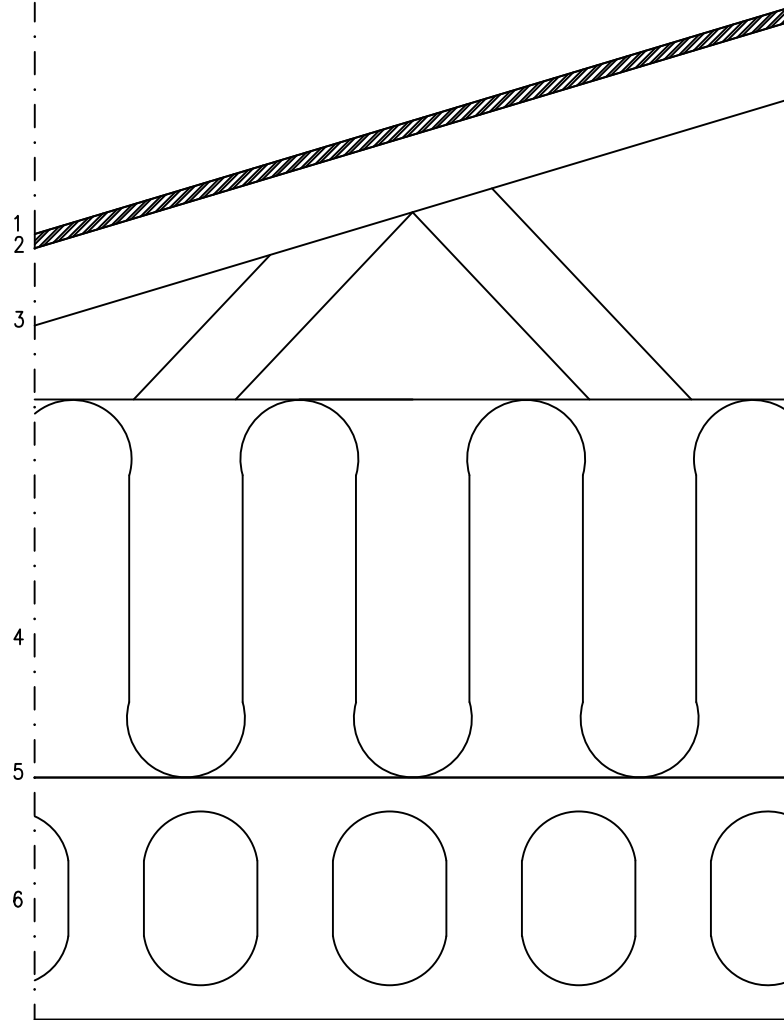
- | | | |
|--------|---|--|
| | 1 | PINTAMATERIAALI JA –KÄSITTELY |
| 60 mm | 2 | TERÄSBETONILAATTA
Betoni C25/30, rauditus 5–150 |
| 370 mm | 3 | KANTAVA RAKENNE
Vähähiilinen ontelolaatta |

Mk



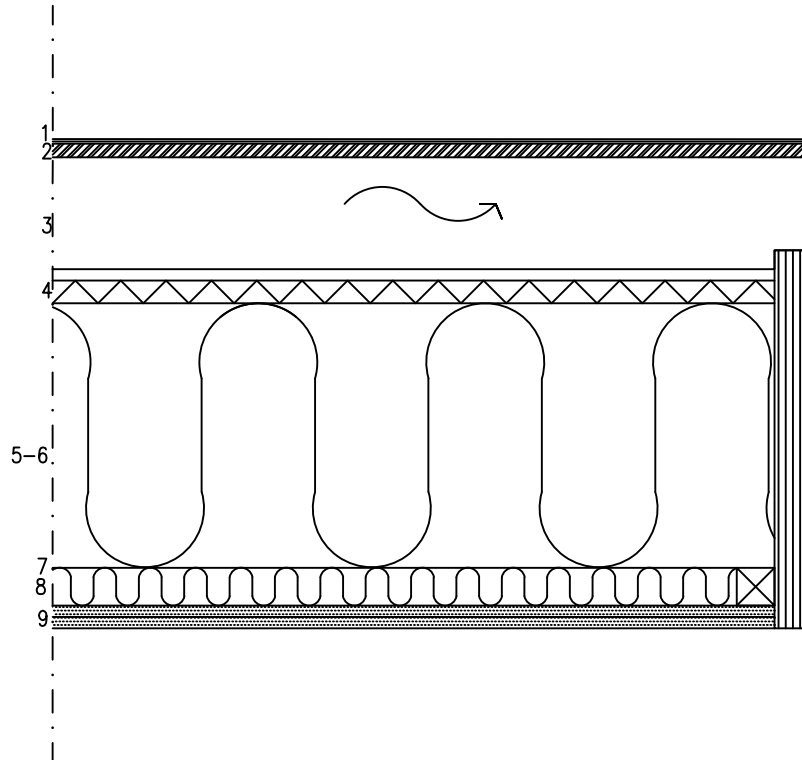
- | | | |
|--------|----|--------------------------------|
| 60 mm | 1 | PINTAMATERIAALI JA –KÄSITTELY |
| | 2 | TERÄSBETONILAATTA |
| | | Betoni C25/30, rauditus 5–150 |
| 30 mm | 3 | ASKELÄÄNIERISTE |
| | | Jäykkä mineraalivilla |
| 25 mm | 4 | YLÄLEVY |
| | | Viilupuu (LVL) |
| 225 mm | 5 | PALKIT |
| | | Viilupuu (LVL), 45x225 mm k615 |
| 43 mm | 6 | ALALEVY |
| | | Viilupuu (LVL) |
| 100 mm | 7 | ÄÄNIERISTE |
| | | Mineraalivilla |
| 45 mm | 8 | KOOLAUS |
| | | Sahatavara, 45x45 mm k400 |
| 25 mm | 9 | JOUSIRANKA |
| | | Terästä, k300 |
| 30 mm | 10 | KIPSILEVY |
| | | Palokipsilevy 2x 15 mm |

Mk



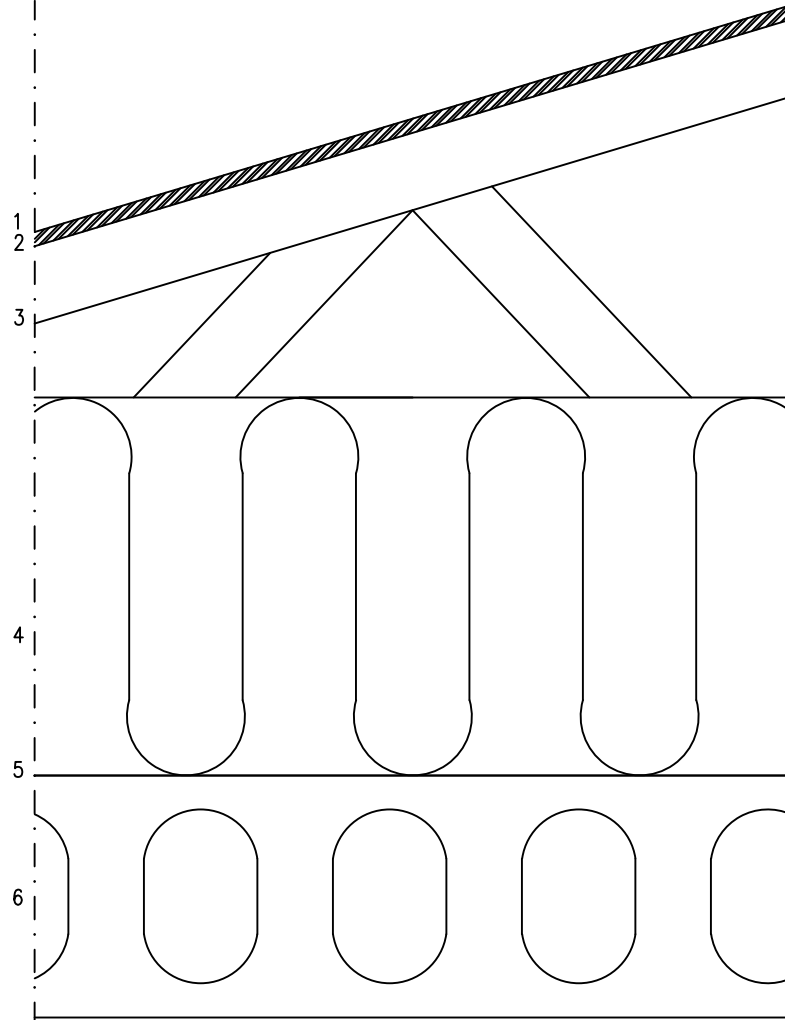
- 1 VESIKATE
Kaksinkertainen kumibitumikermikate
- 18 mm 2 ALUSRAKENNE
Pinnoitettu katevaneri
- 3 KANTAVA RAKENNE
NR ristikot sahatavarasta k900
- 500 mm 4 LÄMMÖNERISTYS
Puhallusvilla
- 5 HÖYRYNSULKU
Aluskermi
- 320 mm 6 KANTAVA RAKENNE
Ontelolaatta

Mk



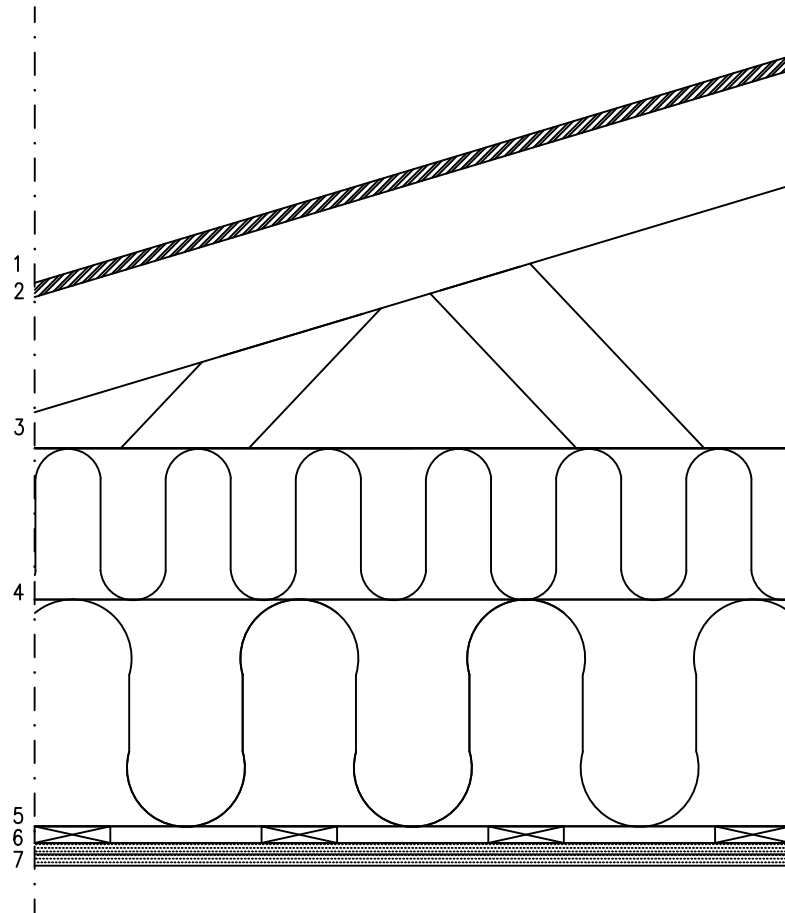
- | | | |
|--------|---|--|
| | 1 | VESIKATE |
| | | Kaksinkertainen kumibitumikermikate |
| 18 mm | 2 | ALUSRAKENNE |
| | | Pinnoitettu katevaneri |
| 148 mm | 3 | VASAT |
| | | Sahatavara 48x148 mm k600 |
| 30 mm | 4 | LÄMMÖNERISTE |
| | | Mineraalivilla tuulensuojalla |
| 500 mm | 5 | PALKIT |
| | | Viilupuu (LVL) 45x500 mm |
| 350 mm | 6 | LÄMMÖNERISTE |
| | | Mineraalivilla |
| 50 mm | 7 | HÖYRYNSULKU |
| | | Muovikalvo |
| 50 mm | 8 | LÄMMÖNERISTE + KOOLAUS |
| | | Mineraalivilla + sahatavara 51*50 k400 |
| 30 mm | 9 | KIPSILEVY |
| | | Palokipsilevy 2x 15 mm |

Mk



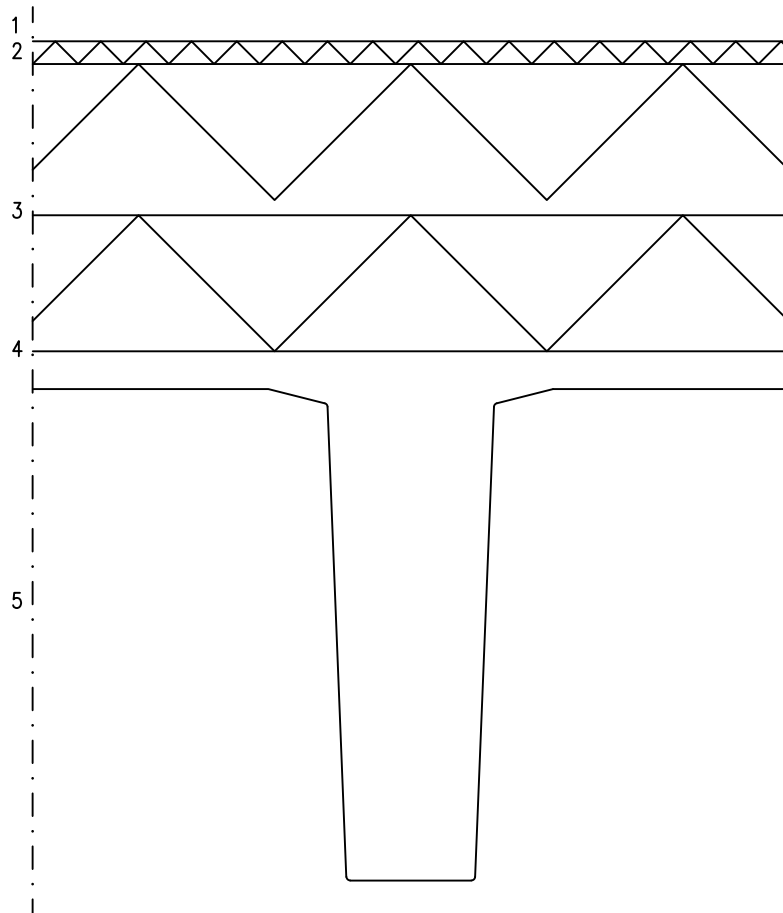
- 1 VESIKATE
Kaksinkertainen kumibitumikermikate
- 18 mm 2 ALUSRAKENNE
Pinnoitettu katevaneri
- 3 KANTAVA RAKENNE
NR ristikot sahatavarasta k900
- 500 mm 4 LÄMMÖNERISTYS
Puhallusvilla
- 5 HÖYRYNSULKU
Aluskermi
- 320 mm 6 KANTAVA RAKENNE
Vähähiilinen ontelolaatta

Mk



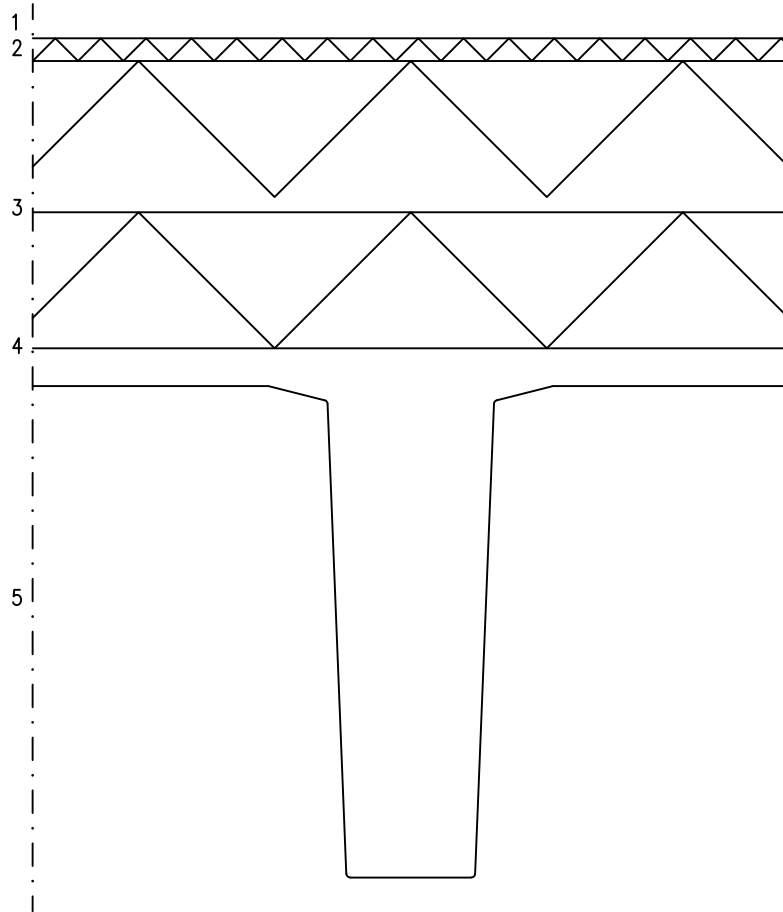
- 1 VESIKATE
Kaksinkertainen kumibitumikermikate
- 18 mm 2 ALUSRAKENNE
Pinnoitettu katevaneri
- 3 KANTAVA RAKENNE
NR ristikot sahatavarasta k900
- 500 mm 4 LÄMMÖNERISTYS
Puhallusvilla 200 mm + mineraalivilla 300 mm
- 5 HÖYRYNSULKU
Muovikalvo
- 22 mm 6 KOOLAUS
Sahatavara 22x100 k300
- 30 mm 7 KIPSILEVY
Palokipsilevy 2x 15mm

Mk



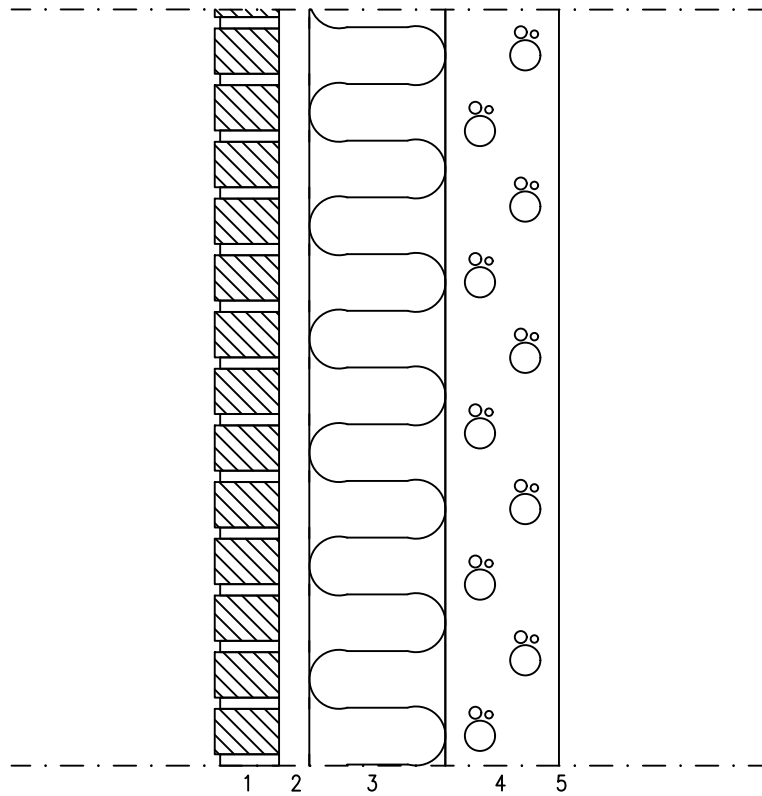
- 1 VESIKATE
Kaksinkertainen kumibitumikermikate
- 30 mm 2 LÄMMÖNERISTE
Kova mineraalivilla
- 380 mm 3 LÄMMÖNERISTE
Kova mineraalivilla
- 4 HÖYRYNSULKU
Aluskermi
- 5 KANTAVA RAKENNE
TT-laatta

Mk



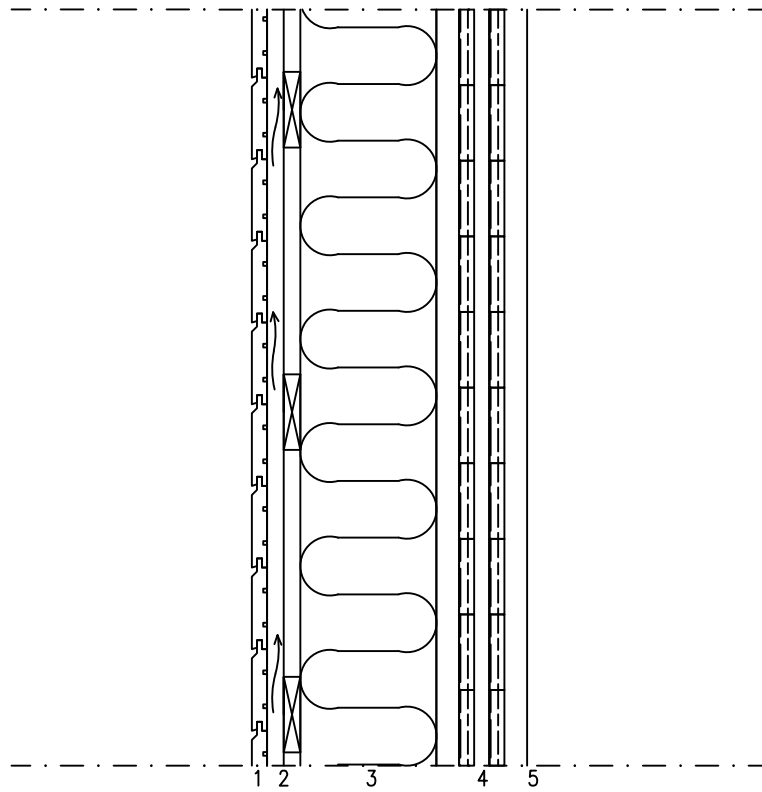
- 1 VESIKATE
Kaksinkertainen kumibitumikermikate
- 30 mm 2 LÄMMÖNERISTE
Kova mineraalivilla
- 380 mm 3 LÄMMÖNERISTE
Kova mineraalivilla
- 4 HÖYRYNSULKU
Aluskermi
- 5 KANTAVA RAKENNE
Vähähiilinen TT-laatta

Mk



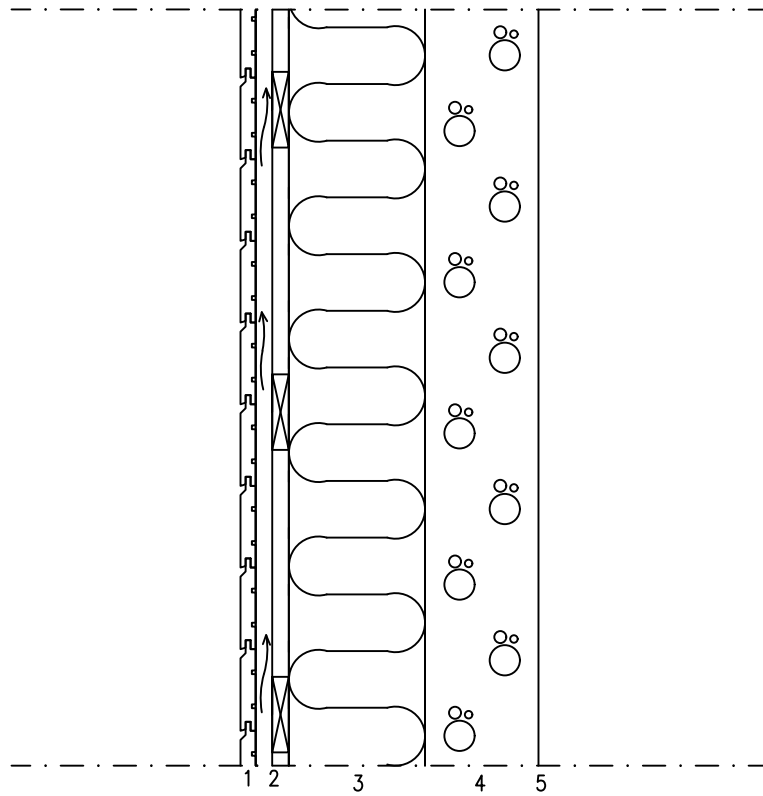
- | | | |
|--------|---|---|
| 85 mm | 1 | ULKOVERHOUS
Muurattu tiiliverhous, MRT60 tiilistä |
| 40 mm | 2 | TUULETUSRAKO |
| 180 mm | 3 | LÄMMÖNERISTE
Mineraalivilla tuulensuojalla |
| 150 mm | 4 | KANTAVA RAKENNE
Betoni, tässä C25/30 + rauditus 95kg/m ³ (RAK-suun. mukaan) |
| | 5 | PINTAMATERIAALI JA KÄSITTELY |

Mk



- | | | |
|--------|---|---|
| 28 mm | 1 | ULKOVERHOUS
Paneloitu puujulkisivu |
| 44 mm | 2 | TUULETUSRAKO
Koolaus ristiin, sahatavara 22x100 k400 |
| 180 mm | 3 | LÄMMÖNERISTE
Mineraalivilla tuulensuojalla |
| 120 mm | 4 | KANTAVA RAKENNE
Ristiinlaminoitu massiivipuulevy (CLT) |
| | 5 | PINTAMATERIAALI JA KÄSITTELY |

Mk



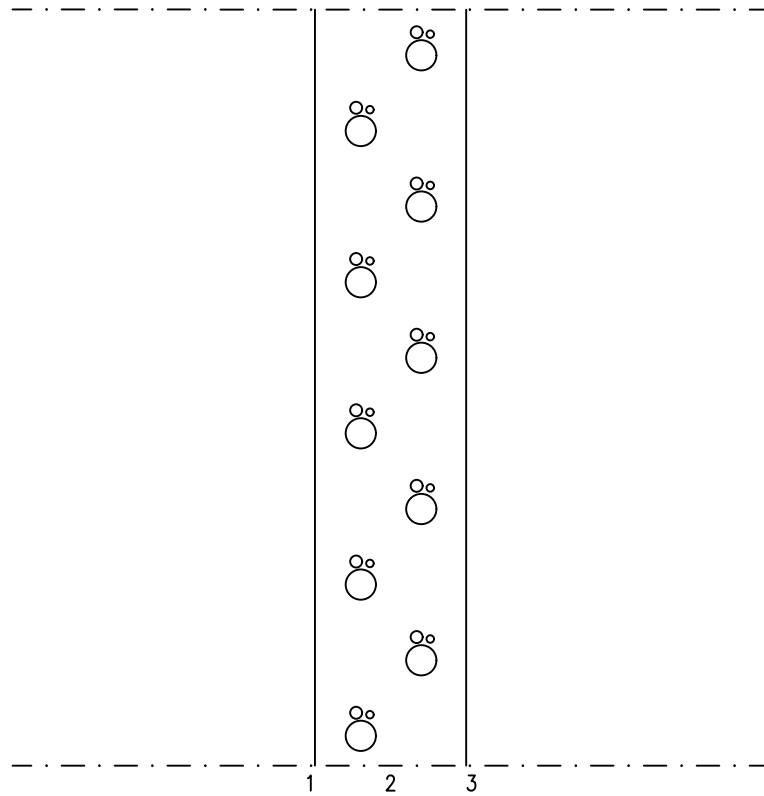
- | | | |
|--------|---|--|
| 28 mm | 1 | ULKOVERHOUS
Paneloitu puujulkisivu |
| 44 mm | 2 | TUULETUSRAKO
Koolaus ristiin, sahatavara 22x100 k400 |
| 180 mm | 3 | LÄMMÖNERISTE
Mineraalivilla tuulensuojalla |
| 150 mm | 4 | KANTAVA RAKENNE
Vähäh. betoni C25/30 GWP70 + raud. 95kg/m ³ (RAK-suun. mukaan) |
| | 5 | PINTAMATERIAALI JA KÄSITTELY |



Rakennus Koulun rakenteet	Väliseinä – Betoni 200 mm	
PVM 16.10.2024	Tekijä JKo	Tunnus ÄJVR TP1

VS1

Mk



- 200 mm
- 1 PINTAMATERIAALI JA –KÄSITTELY
 - 2 KANTAVA RAKENNE
Betoni, tässä C25/30 + rauditus 69 kg/m³ (RAK-suun. mukaan)
 - 3 PINTAMATERIAALI JA –KÄSITTELY



Rakennus
Koulun rakenteet

Väliseinä – Betoni 160 mm

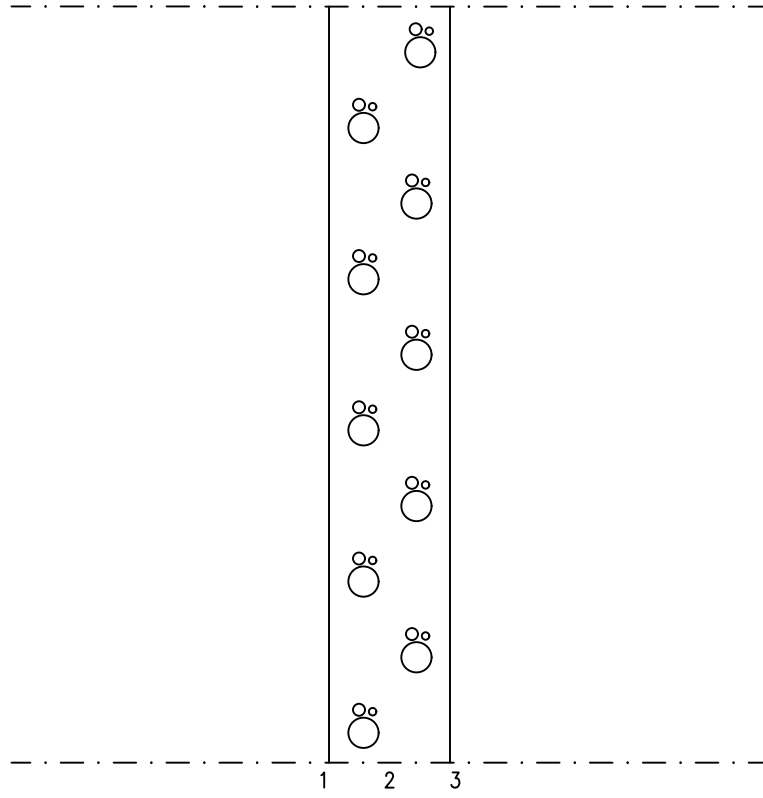
VS2

PVM
16.10.2024

Tekijä
JKo

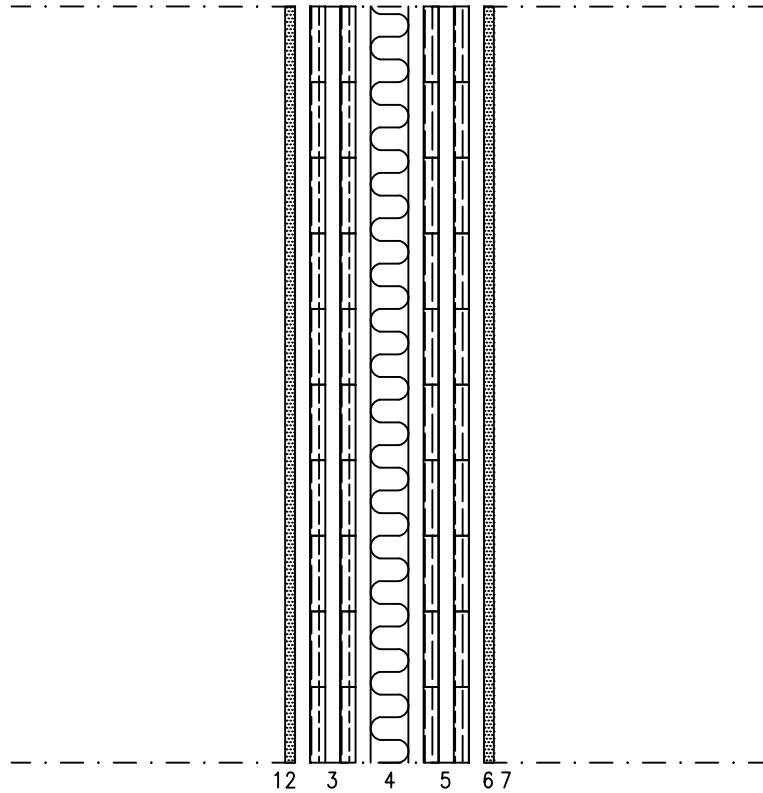
Tunnus
ÄJVR TP1

Mk



- 160 mm
- 1 PINTAMATERIAALI JA –KÄSITTELY
 - 2 KANTAVA RAKENNE
Betoni, tässä C25/30 + rauditus 69 kg/m³ (RAK-suun. mukaan)
 - 3 PINTAMATERIAALI JA –KÄSITTELY

Mk



- | | | |
|--------|---|---|
| | 1 | PINTAMATERIAALI JA –KÄSITTELY |
| 13 mm | 2 | KIPSILEVY
Erikoiskova |
| 100 mm | 3 | KANTAVA RAKENNE
Ristiinlaminoitu massiivipuulevy (CLT) |
| 50 mm | 4 | ERISTE
Mineraalivilla |
| 100 mm | 5 | KANTAVA RAKENNE
Ristiinlaminoitu massiivipuulevy (CLT) |
| 13 mm | 6 | KIPSILEVY
Erikoiskova |
| | 7 | PINTAMATERIAALI JA –KÄSITTELY |

Rakennus
Koulun rakenteet

Väliseinä – CLT

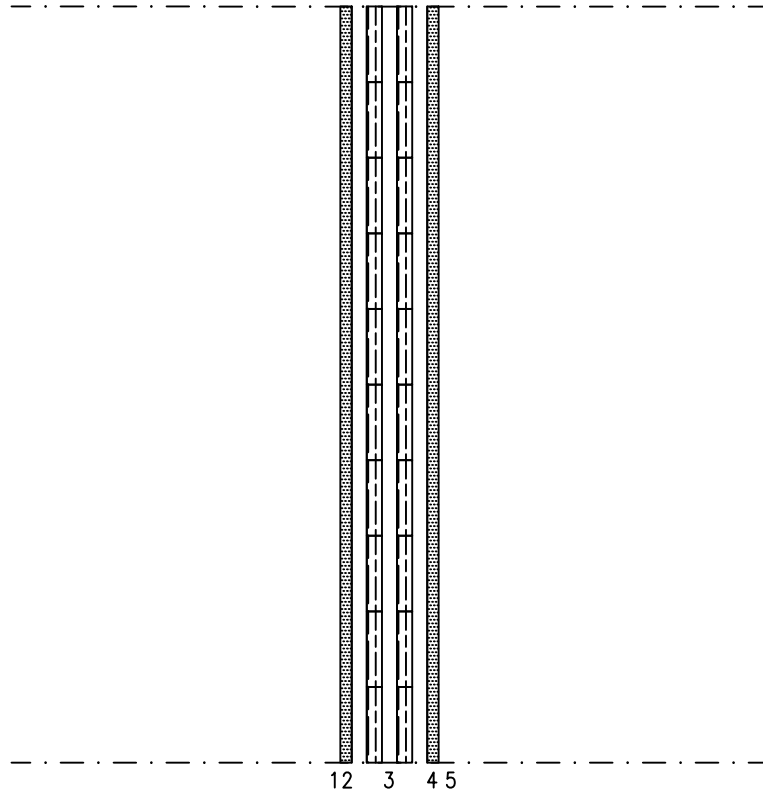
VS4

PVM
16.10.2024

Tekijä
JKo

Tunnus
ÄJIVR TP1

Mk



- 1 PINTAMATERIAALI JA –KÄSITTELY
- 13 mm 2 KIPSILEVY
Erikoiskova
- 100 mm 3 KANTAVA RAKENNE
Ristiinlaminoitu massiivipuulevy (CLT)
- 13 mm 4 KIPSILEVY
Erikoiskova
- 5 PINTAMATERIAALI JA –KÄSITTELY



Rakennus
Koulun rakenteet

Väliseinä – Vähähiilinen betoni 200 mm

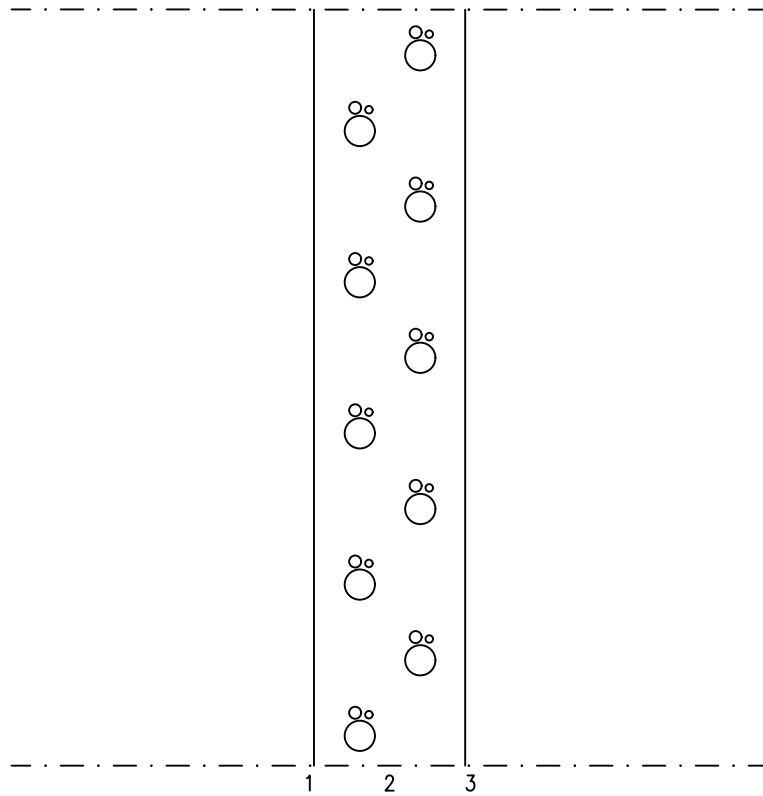
VS5

PVM
16.10.2024

Tekijä
JKo

Tunnus
ÄJVR TP1

Mk



- 200 mm
- 1 PINTAMATERIAALI JA –KÄSITTELY
 - 2 KANTAVA RAKENNE
Vähäh. betoni C25/30 GWP70 + raud. 69 kg/m³ (RAK-suun. mukaan)
 - 3 PINTAMATERIAALI JA –KÄSITTELY



Rakennus
Koulun rakenteet

Väliseinä – Vähähiilinen betoni 160 mm

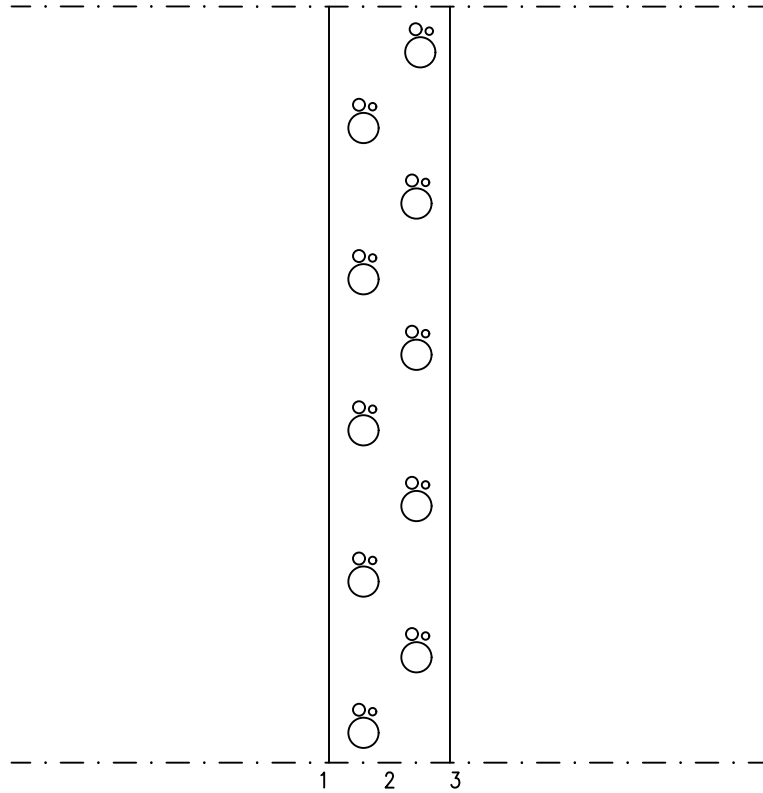
VS6

PVM
16.10.2024

Tekijä
JKo

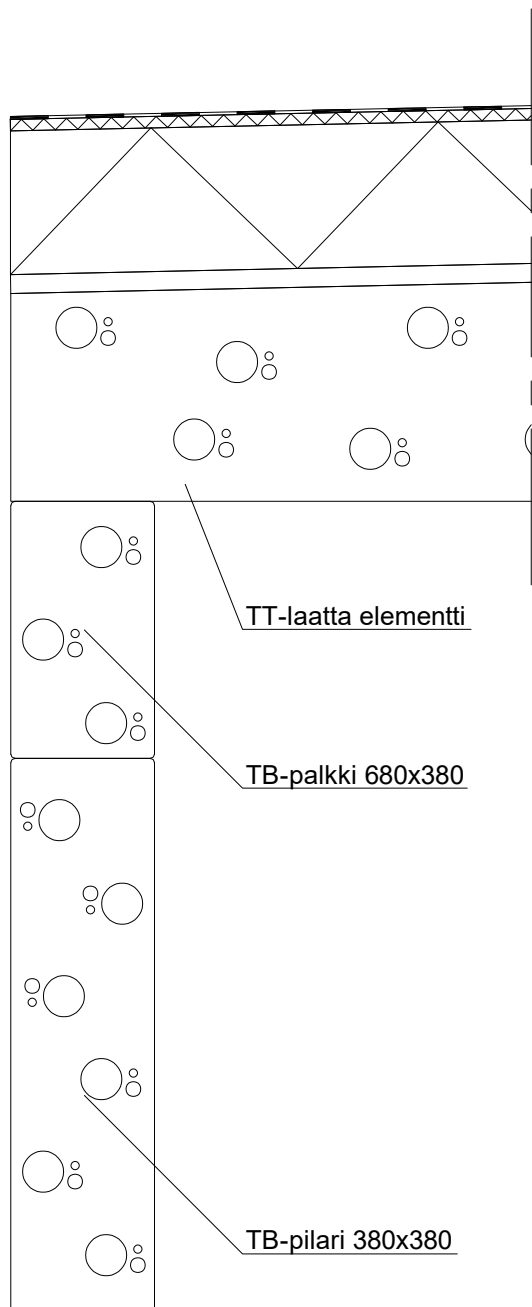
Tunnus
ÄJVR TP1

Mk

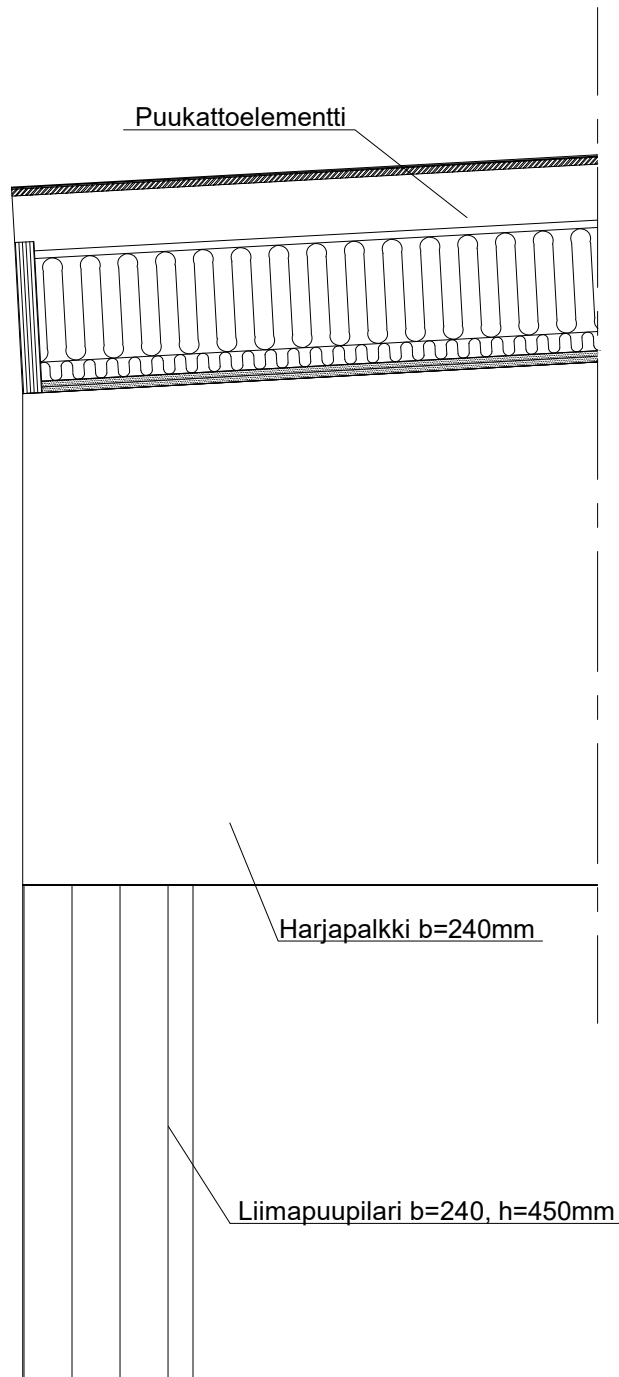


- 160 mm
- 1 PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY
 - 2 KANTAVA RAKENNE
Vähäh. betoni C25/30 GWP70 + raud. 69 kg/m³ (RAK-suun. mukaan)
 - 3 PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY

Periaatteelliset liikuntasalin leikkaukset



Versiot 1 ja 3



Versiot 2 ja 4

Liite 5. Päästö- ja massatiedot

Tuote	Muuntokerroin	Massatiedon lähde	Päästökerroin A1-A3 (konservatiivinen, biogeeninen vähennetty)	Päästökerroin C3 (biogeeninen lisäetty)	Loppusijoitukseen (C4) menevä osa	Päästökerroimen lähde
Akustiset jousirangat	0,49 kg/m	Gyproc.fi - Gyproc AP 25 akustinen jousiranka	2,76 kgCO ₂ e/kg	0,002 kgCO ₂ e/kg	2 %	CO2data.fi - Teräsprofiili ja -verkko, kevytrakenteinen, sinkitty
Höylätavara	474 kg/m ³	CO2data.fi - Höylätavara	-1,512 kgCO ₂ e/kg	1,62 kgCO ₂ e/kg	0 %	CO2data.fi - Höylätavara
Höyrynsulkumuovi	925 kg/m ²	CO2data.fi - Höyrynsulku, PE	2,64 kgCO ₂ e/kg	3 kgCO ₂ e/kg	0 %	CO2data.fi - Höyrynsulku, PE
Julkisivumuuraus MRT, muurauslaasti	1,0 kg/kpl	Kivitaloinfo.fi - Tiilien menekki	0,144 kgCO ₂ e/kg	0,005 kgCO ₂ e/kg	100 %	CO2data.fi - Muurauslaasti
Julkisivumuuraus MRT, tiili (47 kpl/m ²)	1,9 kg/kpl	CO2data.fi - Poltettu tiili, punainen	0,216 kgCO ₂ e/kg	0,005 kgCO ₂ e/kg	42 %	CO2data.fi - Poltettu tiili, punainen
Katevaneri	480 kg/m ³	CO2data.fi - Vaneri, pinnoitettu havuvaneri	-1,02 kgCO ₂ e/kg	1,52 kgCO ₂ e/kg	0 %	CO2data.fi - Vaneri, pinnoitettu havuvaneri
Kipsilevyt	875 kg/m ³	CO2data.fi - Kipsi-kartonkilevy, erikoiskova	0,276 kgCO ₂ e/kg	0,005 kgCO ₂ e/kg	85 %	CO2data.fi - Kipsi-kartonkilevy, erikoiskova
Kivivilla (askeläänieriste, tuulensuoja)	61 kg/m ³	CO2data.fi - Kivivillaeriste ulkoseiniin, tiheys 61 kg/m ³	1,44 kgCO ₂ e/kg	0 kgCO ₂ e/kg	100 %	CO2data.fi - Kivivillaeriste ulkoseiniin, tiheys 61 kg/m ³
Kivivilla (kova villa kattoihin)	63 kg/m ³	CO2data.fi - Kivivillaeriste kattoihin, tiheys 63 kg/m ³	1,44 kgCO ₂ e/kg	0 kgCO ₂ e/kg	100 %	CO2data.fi - Kivivillaeriste kattoihin, tiheys 63 kg/m ³
Kivivilla (levyvilla)	29,5 kg/m ³	CO2data.fi - Kivivilla, pieni tiheys, keskiarvo 29,5 kg/m ³	1,44 kgCO ₂ e/kg	0 kgCO ₂ e/kg	100 %	CO2data.fi - Kivivilla, pieni tiheys, keskiarvo 29,5 kg/m ³
Kivivilla (puhallusvilla)	33 kg/m ³	CO2data.fi - Kivivillaeriste, puhallusvilla, keskimääräinen tiheys 33 kg/m ³	1,44 kgCO ₂ e/kg	0 kgCO ₂ e/kg	100 %	CO2data.fi - Kivivillaeriste, puhallusvilla, keskimääräinen tiheys 33 kg/m ³
Kumibitumikermi, aluskermi	4 kg/m ²	CO2data.fi - Bitumikermitate, aluskermi TL2/TL3	0,816 kgCO ₂ e/kg	0,7 kgCO ₂ e/kg	23 %	CO2data.fi - Bitumikermitate, aluskermi TL2/TL3
Kumibitumikermi, pintakermi	5 kg/m ²	CO2data.fi - Bitumikermitate, pintakermi TL2	0,672 kgCO ₂ e/kg	0,7 kgCO ₂ e/kg	23 %	CO2data.fi - Bitumikermitate, pintakermi TL2
Lattiatasoite	1,7 kg/mm ²	CO2data.fi - Lattiatasoite	0,276 kgCO ₂ e/kg	0,005 kgCO ₂ e/kg	100 %	CO2data.fi - Lattiatasoite
Liimapuu (GLT)	430 kg/m ³	CO2data.fi - Liimapuu	-1,468 kgCO ₂ e/kg	1,62 kgCO ₂ e/kg	0 %	CO2data.fi - Liimapuu
Monikerroslevy (CLT)	470 kg/m ³	CO2data.fi - CLT, ristiinliimattu monikerroslevy	-1,396 kgCO ₂ e/kg	1,62 kgCO ₂ e/kg	0 %	CO2data.fi - CLT, ristiinliimattu monikerroslevy
Naulalevyt	0,25 kg/kpl	K-Rautafi - Paslode 80x200x2mm 210873	2,76 kgCO ₂ e/kg	0,002 kgCO ₂ e/kg	2 %	CO2data.fi - Teräsprofiili ja -verkko, kevytrakenteinen, sinkitty
Ontelolaatan saumavalu	25 kg/m ²	Piilisenbetoni.fi - Ontelolaattojen suunnitteluoheje (OL37 saumattuna ja paino erotus)	0,132 kgCO ₂ e/kg	0,006 kgCO ₂ e/kg	20 %	CO2data.fi - Valmisbetoni, C30/37, ei huokostettu
Ontelolaatta 320 mm	382 kg/m ²	CO2data.fi - Betonivalmisosat, ontelolaatta 320 mm	0,18 kgCO ₂ e/kg	0,006 kgCO ₂ e/kg	20 %	CO2data.fi - Betonivalmisosat, ontelolaatta 320 mm
Ontelolaatta 370 mm	481 kg/m ²	CO2data.fi - Betonivalmisosat, ontelolaatta 370 mm	0,18 kgCO ₂ e/kg	0,006 kgCO ₂ e/kg	20 %	CO2data.fi - Betonivalmisosat, ontelolaatta 370 mm
Raudoitus, maanvarainen laatta	40 kg/m ² betonia	Arvio pohjautuen aiempien kohteiden keskimääräisiin raudoitusmääriin	0,672 kgCO ₂ e/kg	0,002 kgCO ₂ e/kg	2 %	CO2data.fi - Teräsrudoite betonirakenteisiin
Raudoitus, sisäkuoriseinä	95 kg/m ² betonia	Arvio pohjautuen aiempien kohteiden keskimääräisiin raudoitusmääriin	0,672 kgCO ₂ e/kg	0,002 kgCO ₂ e/kg	2 %	CO2data.fi - Teräsrudoite betonirakenteisiin
Raudoitus, väliseinä	69 kg/m ² betonia	Arvio pohjautuen aiempien kohteiden keskimääräisiin raudoitusmääriin	0,672 kgCO ₂ e/kg	0,002 kgCO ₂ e/kg	2 %	CO2data.fi - Teräsrudoite betonirakenteisiin
Raudoitusverkko 5-150	2,095 kg/m ²	Pintos.fi - Tuoteluettelo 2023	0,672 kgCO ₂ e/kg	0,002 kgCO ₂ e/kg	2 %	CO2data.fi - Teräsrudoite betonirakenteisiin
Sahatavara	474 kg/m ³	CO2data.fi - Sahatavara	-1,517 kgCO ₂ e/kg	1,62 kgCO ₂ e/kg	0 %	CO2data.fi - Sahatavara
Suodatinkangas	0,2 kg/m ²	CO2data.fi - Geotekstiili, PP	3,84 kgCO ₂ e/kg	3 kgCO ₂ e/kg	0 %	CO2data.fi - Geotekstiili, PP
TB-palkki 480*380	433 kg/m	CO2data.fi - Betonivalmisosat, teräsbetonipalkki 480 x 380 mm	0,216 kgCO ₂ e/kg	0,006 kgCO ₂ e/kg	20 %	CO2data.fi - Betonivalmisosat, teräsbetonipalkki 480 x 380 mm
TB-palkki 680*380	648 kg/m	CO2data.fi - Betonivalmisosat, teräsbetonipalkki 680 x 380 mm	0,216 kgCO ₂ e/kg	0,006 kgCO ₂ e/kg	20 %	CO2data.fi - Betonivalmisosat, teräsbetonipalkki 680 x 380 mm
TB-pilari 380*380	359 kg/m	Betonivalmisosat, pilari 380 x 380 mm	0,216 kgCO ₂ e/kg	0,006 kgCO ₂ e/kg	20 %	CO2data.fi - Betonivalmisosat, pilari 380 x 380 mm
TT-laatta	360 kg/m ²	Betonivalmisosat, ripalaatta, TT-laatta C50/60	0,228 kgCO ₂ e/kg	0,006 kgCO ₂ e/kg	20 %	CO2data.fi - Betonivalmisosat, ripalaatta, TT-laatta C50/60
Valmisbetoni C25/30	2400 kg/m ³	CO2data.fi - Valmisbetoni, C25/30, ei huokostettu	0,115 kgCO ₂ e/kg	0,006 kgCO ₂ e/kg	20 %	CO2data.fi - Valmisbetoni C25/30, ei huokostettu
Valmisbetoni C30/37	2400 kg/m ³	CO2data.fi - Valmisbetoni, C30/37, ei huokostettu	0,132 kgCO ₂ e/kg	0,006 kgCO ₂ e/kg	20 %	CO2data.fi - Valmisbetoni, C30/37, ei huokostettu
Viilupuu (LVL)	510 kg/m ³	CO2data.fi - LVL, viilupuu, pilari- ja palkkirakenteisiin	-1,24 kgCO ₂ e/kg	1,62 kgCO ₂ e/kg	5 %	CO2data.fi - LVL, viilupuu, pilari- ja palkkirakenteisiin

Vähähiilinen betoni C25/30 GWP70	2400 kg/m ³	CO2data.fi - Valmisbetoni, C25/30, ei huokostettu, GWP.70	0,08 kgCO2e/kg	0,006 kgCO2e/kg	20 %	CO2data.fi - Valmisbetoni, C25/30, ei huokostettu, GWP.70
Vähähiilinen ontelolaatta 320 mm, betoni	378,2 kg/m ²	CO2data.fi - Betonivalmisisosat, ontelolaatta 320 mm (materiaalisisällön pohjalta jaettu paino bet. 99 % ja teräs 1%)	246 kgCO2e/m ³	0,006 kgCO2e/kg	20 %	A1-A3: BY-vähähiilisyysluokitus betonielementtien betonille, ontelo- ja kuorilaatat, C50/60 GWP.70 (kerrottu 1.2:llä). C3-C4: Valmisbetonien CO2data skenaariot.
Vähähiilinen ontelolaatta 320 mm, punokset	3,8 kg/m ²	CO2data.fi - Betonivalmisisosat, ontelolaatta 320 mm (materiaalisisällön pohjalta jaettu paino bet. 99 % ja teräs 1%)	1,2 kgCO2e/kg	0,002 kgCO2e/kg	0 %	CO2data.fi - Teräslanka, jännebetonirakenteiden punoksiin
Vähähiilinen ontelolaatta 370 mm, betoni	476,2 kg/m ²	CO2data.fi - Betonivalmisisosat, ontelolaatta 370 mm (materiaalisisällön pohjalta jaettu paino bet. 99 % ja teräs 1%)	246 kgCO2e/m ³	0,006 kgCO2e/kg	20 %	A1-A3: BY-vähähiilisyysluokitus betonielementtien betonille, ontelo- ja kuorilaatat, C50/60 GWP.70 *1.2. C3-C4: Valmisbetonien CO2data skenaariot.
Vähähiilinen ontelolaatta 370 mm, punokset	4,8 kg/m ²	CO2data.fi - Betonivalmisisosat, ontelolaatta 370 mm (materiaalisisällön pohjalta jaettu paino bet. 99 % ja teräs 1%)	1,2 kgCO2e/kg	0,002 kgCO2e/kg	0 %	CO2data.fi - Teräslanka, jännebetonirakenteiden punoksiin
Vähähiilinen tb-palkki 480*380, betoni	420 kg/m	CO2data.fi - Betonivalmisisosat, teräsbetonipalkki 480 x 380 mm (materiaalisisällön pohjalta jaettu paino 97% bet. ja 3% teräs)	282 kgCO2e/m ³	0,006 kgCO2e/kg	20 %	A1-A3: BY-vähähiilisyysluokitus betonielementtien betonille, runkotuotteet, C40/50 GWP.70 (kerrottu 1.2:llä). C3-C4: Valmisbetonien CO2data skenaariot.
Vähähiilinen tb-palkki 480*380, rauditus	13 kg/m	CO2data.fi - Betonivalmisisosat, teräsbetonipalkki 480 x 380 mm (materiaalisisällön pohjalta jaettu paino 97% bet. ja 3% teräs)	0,672 kgCO2e/kg	0,002 kgCO2e/kg	2 %	CO2data.fi - Teräsrudoite betonirakenteisiin
Vähähiilinen tb-palkki 680*380, betoni	628,6 kg/m	CO2data.fi - Betonivalmisisosat, teräsbetonipalkki 680 x 380 mm (materiaalisisällön pohjalta jaettu paino 97% bet. ja 3% teräs)	282 kgCO2e/m ³	0,006 kgCO2e/kg	20 %	A1-A3: BY-vähähiilisyysluokitus betonielementtien betonille, runkotuotteet, C40/50 GWP.70 (kerrottu 1.2:llä). C3-C4: Valmisbetonien CO2data skenaariot.
Vähähiilinen tb-palkki 680*380, rauditus	19,4 kg/m	CO2data.fi - Betonivalmisisosat, teräsbetonipalkki 680 x 380 mm (materiaalisisällön pohjalta jaettu paino 97% bet. ja 3% teräs)	0,672 kgCO2e/kg	0,002 kgCO2e/kg	2 %	CO2data.fi - Teräsrudoite betonirakenteisiin
Vähähiilinen tb-pilari 380*380, betoni	333,9 kg/m	CO2data.fi - Betonivalmisisosat, pilari 380 * 380 mm (materiaalisisällön pohjalta jaettu paino 93% bet. ja 7% teräs)	282 kgCO2e/m ³	0,006 kgCO2e/kg	20 %	A1-A3: BY-vähähiilisyysluokitus betonielementtien betonille, runkotuotteet, C50/60 GWP.70 (kerrottu 1.2:llä). C3-C4: Valmisbetonien CO2data skenaariot.
Vähähiilinen tb-pilari 380*380, rauditteet	25,1 kg/m	CO2data.fi - Betonivalmisisosat, pilari 380 * 380 mm (materiaalisisällön pohjalta jaettu paino 93% bet. ja 7% teräs)	0,672 kgCO2e/kg	0,002 kgCO2e/kg	2 %	CO2data.fi - Teräsrudoite betonirakenteisiin
Vähähiilinen TT-laatta, betoni	345,6 kg/m ²	CO2data.fi - Precast concrete, ribbed floor, TT-slab C50/60 (materiaalisisällön pohjalta jaettu paino 96% bet. ja 4% teräs)	300 kgCO2e/m ³	0,006 kgCO2e/kg	20 %	A1-A3: BY-vähähiilisyysluokitus betonielementtien betonille, runkotuotteet, C50/60 GWP.70 (kerrottu 1.2:llä). C3-C4: Valmisbetonien CO2data skenaariot.
Vähähiilinen TT-laatta, rauditus	14,4 kg/m ²	CO2data.fi - Precast concrete, ribbed floor, TT-slab C50/60 (materiaalisisällön pohjalta jaettu paino 96% bet. ja 4% teräs)	0,672 kgCO2e/kg	0,002 kgCO2e/kg	2 %	CO2data.fi - Teräsrudoite betonirakenteisiin
XPS-eriste	32 kg/m ³	CO2data - XPS-eriste	3,12 kgCO2e/kg	3	0 %	CO2data.fi - XPS-eriste

Liite 6. Ympäristöluokituksen esiselvitys

Ympäristöluokituksen tavoiteltavat kriteerit koulurakennukselle					Mahdolliset pisteet	Tavoiteltu luokitus sijahtaa	Tavoiteltu luokitus lähtee	Toteutus/ Vaatimukset			
Pääryhmä	Ryhmä	Kriteeri	Kuvaus, Painoarvo								
Prosessi 23p	Hankkeenohjaus 8p	P1.1	Luokitustavoitteen ohjaus ja hallinta	Systemaattinen luokitusprosessi, 100 %	3	3	3	Suunnitteluvaiheen hakemus tulee olla lähetetty viimeistään ennen hankkeen runkoalueen valmistusta. Viihtäisyyden arvioitava kriteeri toteutuu muuttamalla suoraan suunnitteluvaiheen auditoimisissa saavutettava tärkeys on oltava vähintään sama kuin lopullisessa arvioinnissa saavutettava tärkeys.			
		P1.2	Talotekninen toiminnanvarmistus ja valvonta 3 tähteen min 1,5 pistettä 4 tähteen min 3 pistettä	Talotekniikan toiminnanvarmistus käyttöönnotossa, 50 %	1,50	1,50	1,5	Hankkeelle nimetty suunnittelu- ja rakentamista valvovat ja toiminnanvarmistuksesta vastaavat pätevät asiantuntijat (LVI, Sähkö ja RAU). Hankkeelle on laadittu käyttöönottovaiheen talotekniikan toiminnanvarmistussuunnitelma (RT 10-11301 liite 3). Toiminnanvarmistussuunnitelman mukaiset mittaukset on tehty ja dokumentoitu.			
				Parhaiden käytäntöjen mukaiset toiminnalliset mittaukset, 50 %	1,50		1,5	Taloteknisten järjestelmien vastaanotto toiminnalliset mittaukset on tehty noudattaen parhaita käytäntöjä. Mittausten tulokset ja niiden vastaus hankkeen tavoitteisiin on analysoitu ja parannusosuusdokumentoitu.			
		P1.3	Käytön opastus 3 sekä 4 tähteen min 2 pistettä	Laadukas käytön opastus, 100 % painoarvosta	2,00	2,00	2	Tilan loppukäyttäjille tehty erillinen käyttöohje. Ylläpitohenkilökunnalle on koottu erillinen ylläpidon perehdytysaineisto			
	Kosteudenhallinta 10p	P2.1	Kosteusteknisten riskien hallinta suunnittelussa 3 sekä 4 tähteen min 3 pistettä	Kosteusteknisten riskien suunnitteluvaiheen hallinta, 75 %	3,00	3,00	3	Hankkeelle on nimetty pätevä ja puoleuton kosteudenhallintakoordinaattori, jonka valvontavastuu kattaa ajallisesti yleis- ja toteutusvaiheiden. Kohteelle on toteutettu kosteusteknisten riskien ja riskien huomiointi suunnittelussa on dokumentoitu. Hankkeen kosteudenhallintakoordinaattori on arvioinut hankkeen rakentamisaikataulun riittävyyden.			
				Kosteustechnisesti vaativien rakenteiden erillistarkastus, 25 %	1,00		1	Kohteelle on toteutettu rakennuskohtainen kosteusriskitason määrittely, jossa on määritetty rakennuskohtaiset riskiluokat (R1-R3). R2 ja R3 rakenteille on tehty erillinen puoleuttoman rakennusvaiheen suunnittelijan tekemä suunnitelma ja toteutusdetaljen rakennusfysikaalinen kolmannen osapuolen tarkastus (tai kohteessa on vain kosteustechnisesti tavomaisia rakenteita). Havaitut riskit on käsitelty projektiryhmässä, riskien hallintatapa päätetty ja huomioid korjattu suunnitelmiin.			
		P2.2	Työmaan kosteudenhallinta 3 tähteen min 4,5 pistettä 4 tähteen min 6 pistettä	Laadukas työmaan kosteudenhallinta, 75%	4,50	4,50	4,5	Rakentamisvaiheeseen on nimetty puoleuton ja pätevä kosteudenhallintakoordinaattori (KHK), joka on tarkastanut ja hyväksynyt riskiä sisältävien työmaiden toteutuksen. Rakenteille on tehty luotettavat kulumislaskelmat ja aikataulun riittävyys on tarkastettu. Tehty kosteusmittaussuunnitelma ja kosteusmittaukset on tehty pätevä kosteusmittaaja aluekohtaisesti ennen päällysteiden asennusta. Kulumisolosuhteiden seuranta, kosteustekninen valvonta ja havaitut poikkeamat käsitellään kaikissa työmaakokouksissa omana asiakkohtaan.			
				Rakenteiden kulumisen seuranta, 25 %	1,50	1,50	1,5	Kulumisolosuhteita seurataan jatkuvamittauksella ja raportoidaan rakenteiden kulumisaikana vähintään viikoittain tilinpidon- ja kustoraportilla riittävästä määrästä tiloja. Kosteusmittauksilla on seurattava aikataulukriittisten rakenteiden kulumista joko jatkuvalla mittauksella tai kertamittauksella vähintään laskennallisen kulumisaajan puolellisissa, jolloin voidaan todeta laskennallisen kulumisaikataulun toteutuminen ja tehdä korjaukset toimenpiteet.			
	Työmaaohjaus 5p	P3.1	Työmaan ympäristövaikutukset	Hyvää työmaan ympäristöasioiden hallinta, 50 %	1,50	1,50	1,50	Työmaan pölyhallinnassa, turvallisuudessa, häiröiden hallinnassa ja tiedotuksessa sekä energiatehokkuudessa parhaat käytännöt toteutuvat. Työmaa raportoi kuukausittain energiankulutuksen, vedenkulutuksen ja jätemäärät jakeittain.			
				Työmaan ympäristövaikutusten hallinta, 25 %	0,75		0,75	Ympäristörisikien torjunta parhaiden käytäntöjen mukaisesti ja vaarallisten aineiden asianmukainen säilytys. Hulevedet käsitellään vähintään heikenerotimella.			
				Työmaan jätehallinta 25 %	0,75		0,75	Työmaan jätteiden jatkokäsittelyn kierrätysaste on yli 70 % huomioiden jätkeluokittelu jättesemalla.			
	P3.2	Työmaan puhtaudenhallinta	P1-luokan mukainen puhtaudenhallinta, 75 %	1,50	1,50	1,50	Työmaalle laaditaan erillinen P1 puhtaudenhallintasuunnitelma. Riippumattoman osapuolen tekemä työmaan puhtaudenhallinnan valvonta vähintään kuukausittain aikaisemmin linna- ja ympäristöministeriön asennuksesta käyttöön otettuna. Linna- ja ympäristöministeriön toteutetaan pölytörmässä ja Imuripöytäsuissa tilassa. Pölykertymä ennen toimintakokouksen aloitusta vastaa P1 puhtausluokan vaatimuksia. Alakaton yläpuolinen, vaakapintojen ja lattoiden puhtaus on arvioitu visuaalisesti ennen toimintakokouksen aloitusta 3. osapuolen toimesta. Pölykertymät vastaavat puhtausluokan P1 mukaisia sallittuja pölykertymiä ennen rakennuksen käyttöönottoa. Visuaalinen tarkastus riittävä.				
			Puhtaus varmistettu pölymittauksin, 25 %	0,50		0,50					
	Prosessi pisteet					23,00	18,50	22,50			
	Talous 12p	Elinkaarikustannus 3p	T1.1	Elinkaarikustannukset	Hankkeelle on tehty elinkaarikustannusten laskenta, 50 %	1,50	1,50	1,50	Tavoitteiden laskenta on suoritettu viimeistään yleissuunnitteluvaiheen loppuun mennessä ja suunnittelu- ja rakentamisvaiheeseen laskevat on raportoitu. Kohteelle on tehty alustava PTS, jossa on esitetty suunnitteluvaiheen ratkaisujen perusteella syntyvät korjaus- ja uusimistarpeet 50 vuodelle. Ylläpitokustannusten suuruutta ja muutoksia on arvioitu vertailutarkastelulla. Suunnitteluryhmä on pitänyt erillisläpivierin, jossa elinkaarikustannusten laskelma on käsitelty ja mietitty mahdollisuudet pienentää ylläpitokustannuksia.		
					Suoritepohjainen ylläpitokustannusten arvio, 25 %	0,75		0,75	Toteutusvaiheeseen ylläpitokustannusten laskenta perustuen kriittisiltä osilta suoritepohjaiseen laskentaan.		
					Elinkaarikustannusten vaihtoehtoverailut, 25 %	0,75	0,75	0,75	Vähintään neljälle ylläpitokustannuksiin vaikuttavalle ratkaisulle (TATE, rakenteet, pintaratkaisut) on tehty elinkaarikustannusten vertailut, joiden perusteella elinkaarikustannuksien edullisin ratkaisuvaltuutus on valittu toteutukseen.		
		Ylläpidettävyyttä 9p	T2.1	Kulutuskäytävyyttä	Kulutuskäytävyyttä parantavat suunnitteluratkaisut, 100 %	3,00	3,00	3,00	Rakennuksen ulkoseinät ja rakenteet pihalla on suojattu ajoneuvoliikenteen aiheuttamalta mahdollisilta vaurioilta riskialueilla. Luminoiden riskikohteet on tunnistettu ja riittävä suojaus toteutettu. Tavaraliikenteet reitit on tunnistettu ja kulutuskäytävyyttä parantavat ratkaisut esitetty. Henkilöliikenteen pääreiteillä on valittu kulutuskäytävä lattamateriaali ja seinäpinnat.		
					T2.2	Ylläpidettävyyttä	Huollettavuuden parhaat käytännöt, 50 %	2,00	2,00	2,00	Rakennukseen on suunniteltu haalureitit kaikkien taloteknisten laitteiden uusittavuuden varmentamiseksi ja näistä on esitetty erillinen suunnitelma. Säännöllisen huollon riskikohteet on tunnistettu ja ylläpidon huomiointi suunnitelmissa on kuvattu. Kohteelle on suunniteltu lumen läjitysmaat, jotka ovat riittävän eitäällä rakennuksesta. Pääkulkureitien, katosten ja porttien mitoitus mahdollistaa koneellisen lumenaukaisen.
							Ylläpitotarpeen huomiointi, 50 %	2,00			
		T2.3	Muuntojoustavuus	Avoimen rakentamisen toteutus, 50 %	1,00		1,00	Rakennuksen osat on jaettu avoimen rakentamisen periaatteen mukaisesti muuttuvan ja kiinteän tilaosaan. Kiinteän tilaosan pääjärjestelmien ja -reitien mitoituksessa on huomioitu joustavan tilaohjelman mitoitusvaatimukset. Mitoitusarvot on esitetty LVI-, sähkö ja automaatiojärjestelmille ja sekä rakennusurille pääjärjestelmätasolla kiinteän tilaosan suunnitelmissa. Kiinteän tilaosan osalta suunnitelmat on esitetty erillisinä lumen muuttuvan tilaosan rakenteita ja järjestelmiä.			
				Vaihtoehtoiset käyttötarkoitukset on määritetty, 50 %	1,00						
		Talous pisteet					12,00	7,25	9,00		
Hillijalanjälki 11p		Y1.1	Elinkaaren hillijalanjälki	Tuotevaiheen hillijalanjäljen laskenta, 25 %	1,75	1,75	1,75	Kohteelle on tehty kohteikohtainen tietäminen perustuva tuotevaiheen hillijalanjäljen laskenta, jonka laskennassa on noudatettu vähäiläisyyden arviointimenetelmän ohjeistusta. Tulokset on raportoitu. Tuotevaiheen hillijalanjäljen tuloksia on rakennusmikkeltään verrattu vastaavien kohteiden hillijalanjäljen ja erojen syyt on analysoitu.			
	Elinkaaren hillijalanjäljen säästö, 75 % 3 tähteen min 15% 4 tähteen min 30%			5,25	0,80	2,00	Elinkaaren hillijalanjäljen säästö suhteessa vertailuratkaisuun. Säästö laskeaan erikseen Elinkaaren CO2-laskurilla. Pisteitys säästöprosentin mukaan.				
	Y1.2	Materiaalitehokkuus	Materiaalitehokkuus, 75 %	3,00	1,00	1,00	Kohteelle on tehty materiaalien hankintasuunnitelma materiaalitehokkuuden vaatimusten huomiointiin ja vaatimukset on kirjattu urakkaselvitykseen. Pisteitys perustuen kunkin monessa tarkastelussa huomioitavassa rakennusnimikkeessä on täytetty materiaalitehokkuuden vaatimukset. Vaatimusten täyttyminen osoitetaan materiaalitehokkuuskäskurin avulla.				
			Tuotteiden ympäristötieto saatavilla, 25%	1,00	1,00	1,00	Kohteessa on käytetty rakennustuotteita, joilla on saatavissa oleva ympäristötieto vähintään kymmeneltä eri tuotevalmistajalta ja rakennustuotteenimikkeestä.				

Ympäristö ja energia 35p

Energia 16p	Y2.1	Energiatehokkuus 3 tähteen min 30% pisteistä 4 tähteen min 40% pisteistä	Rakennuksen energiatehokkuus E-lukuun perustuen	8,00	2,30	3,20	Neljän tähden saavuttamiseksi E-luku oltava korkeintaan 82. Maksimipisteet saan E-luku on maksimissaan 63. Pisteet määräytyvät kriteeristössä esitetyn taulukon mukaisesti.
	Y2.2	Energiankäytön mittaus	Pääjärjestelmien energiankäytön mittausjärjestelmä, 50 %	1,50	1,50	1,50	Toteutetaan riittävät kiinteistön energiamittaukset. Merkittävät tekniset järjestelmät on varustettu jatkuvalla automaattisella tehokkuuseurannalla. Kaikki energiankäytön mittaukset kootaan kohteessa ja mittauksista saadaan tunti-, päivä-, viikko- ja kuukausitason seurantatietoa
			Toteutettu käyttäjäsähkön mittaus, 25 %	0,75			
			Toteutettu aktiivinen energiankäytön tiedotus, 25	0,75	0,75	0,75	Kulutuspalautteen jakaminen käyttäjille reaaliajassa hyödyntäen intranetsivuja, kerros- tai aula-yhteyksiä.
Y2.3	Tavoitekulutuksen laskenta	Laskettu tavoitekulutus, 50 %	1,50		1,50	Pääjärjestelmätasoiset tavoitekulutukset on laskettu vuosi-, kuukausi- ja viikotason. Ajantasainen laskenta perustuen mittauslaitteisiin ja toteumaan. Poikkeamat suhteessa suunnitteluvaiheeseen on analysoitu. Laskenta ja tavoiteperusteista käy ilmi lähtötiedot ja oletukset. Lämmönkulutukselle on laskettu päivittäinen ominaiskulutustavoite kWh/d suhteessa ulkolämpötilaan ja se on raportoitu.	
		Laskettu pohjatehotehoite, 50 %	1,50				
Y2.4	Järjestelmien tehokkuus	Merkittävät energiaa käyttävät järjestelmät energiatehokkaita	2,00	2,00	2,00	Merkittävät energiaa käyttävät järjestelmät on toteutettu energiatehokkaasti ja järjestelmien ympäristövaikutukset on huomioitu.	
Vesi 3p	Y3.1	Vedenkäytön tehokkuus	Merkittävien kulutuskohteiden seuranta, 50 %	1,50	1,50	1,50	Merkittävien erillisluottajien alamittaukset kylmälle ja lämpimälle vedelle on toteutettu ja mittarit on liitetty jatkuvaan seurantaan. Käyttövesiverkosto on varustettu painesäädöllä ja automaattinen vuotohälytys on toteutettu.
			Pienikulutuskeskeiset vesikalusteet, 50 %	1,50	1,50	1,50	Kohteen vedenkulutusta on pienennetty pienikulutuskeskeisillä vesikalusteilla.
Vaikutukset ympäristöön 5p	Y4.1	Viherrakentaminen ja hulevedet	Hyvä vihertehokkuus, 25 %	0,75		0,75	Tontille on tehty luontoarvojen kartoitus ja selvitys kasvillisuuden säilyttämismahdollisuuksista. Säilytettävien kasvien suojaus. Tontin viherrakentaminen on riittävä.
			Korkea vihertehokkuus, 25 %	0,75			
			Hulevesikuormituksen pienentäminen, 50 %	1,50	1,50	1,50	Viherrakentamisen IWater-laskennan perusteella viivytettävä jää korkeintaan 25 % tontin sadannasta.
	Y4.2	Pyöräilyn ja kävelyn edistäminen sekä turvallisuus	Tonttialueen liikenteen turvallisuus, 50 %	1,00	1,00	1,00	Jalan- ja pyöräliikenne selkeästi erotettu autoliikennealueilta tontilla ja tontin ulkopuolisissa liittymissä alueellisiin verkostoihin. Risteyksien turvallisuus on varmistettu riittävällä alueilta nopeudella ja hyvällä näkyvyydellä. Pyöräilijöiden tai jalan- ja kävelijöiden ei tarvitse tontin alueella lastauslaiturille tulevan tavaraliikenteen kanssa. Liikennereitit tontilla ovat riittävässä tasossa valaistut.
		Laadukkaat pyöräilyä tukevat tilat, 50 %	1,00	1,00	1,00	Varataan pyöräilijöiden käyttöön riittävästi turvallisia polkupyörien säilytystiloja. Varataan asiakkaalle ja vierailijalle riittävästi pyörätelineitä kohteen pääsisäänkäynnin yhteyteen. Varataan riittävästi peseyntymistiloja ja niiden yhteydessä sijaitsevia pukuhuoneita sekä varattavia pukukaappoja.	

Ympäristö ja Energia pisteet 35,00 17,60 21,95

Sisäilma ja terveellisyys 30p

Sisäilman laatu 18p	S1.1	Lämpöolosuhteet 3 tähteen min 1,5 pistettä 4 tähteen min 3 pistettä	Lämpöolosuhteiden seurattavuus, 25 %	1,50	1,50	1,50	Kaikkia työskentelytiloissa on oleskeluyhteykkeitä riittävä määrä sisälämpötilan jatkuvia mittauksia, jotka on yhdistetty rakennusautomaatioon.
			Sisäilmastoluokan S2 lämpöolosuhteet, 25 %	1,50		1,50	RT 07-11299 Sisäilmastoluokitus 2018
			Sisäilmastoluokan S1 lämpöolosuhteet, 50 %	3,00			
	S1.2	Sisäilman laatu 3 sekä 4 tähteen min 3,5 pistettä	Sisäilman laatu S2 luokan mukainen, 50 %	3,50	3,50	3,50	RT 07-11299 Sisäilmastoluokitus 2018
	Sisäilmaston laatu S1 luokan mukainen, 50 %		3,50				
	S1.3	Käyttäjän vaikutusmahdollisuudet	Käyttäjän säädettävä valaistus, 50 %	1,00	1,00	1,00	Työtiloissa on käyttäjäkohtainen mahdollisuus valaistustason ohjaamiseen sekä mahdollisuus säätää päivänvalon määrää ja estää suoran auringonvalon aiheuttama häikäisy työpisteillä.
	Säädettävät lämpöolosuhteet, 50 %		1,00	1,00	1,00	Työtiloissa on käyttäjä- tai säätöaluekohtainen mahdollisuus sisälämpötilan säätämiseen järjestelmään asetettujen rajojen puitteissa.	
	S1.4	Materiaalien emissiot 3 tähteen min 1,5 pistettä 4 tähteen min 2,25 pistettä	Vähäpäästöiset sisämateriaalit, 50 %	1,50	1,50	1,50	Kaikki höyrönsulun sisäpuolella käytetyt maalit, liimat, lattiamatot ja lattiapinnotteet sekä rakennus- ja akustiikkalievyt ovat vähäpäästöisiä. Epäorgaaniset kuidut tulee olla suojattuja tai koteloitettuja kaikissa sisäilmaan rajoittuvissa tiloissa
			Kiintokalusteet ovat vähäpäästöisiä, 25%	0,75			
	S2.1	Luonnonvalon määrä	Oleskelutiloista 80 %:ssa on riittävästi luonnonvaloa, 50 %	2,00		2,00	Päivänvalokertoimen laskentareportti ja/tai huonekohtainen ikkunan suhteellisen alan laskenta.
			Oleskelutiloista 95 %:ssa on riittävästi luonnonvaloa, 50 %	2,00			
	S2.2	Valaistuksen laatu	Hyvä valaistuksen laatu, 100 %	2,00	2,00	2,00	Oleskelutilojen valaistustasojen tulee täyttää standardin EN 12464-1 vaatimukset valaistusvoimakkuudelle (lx) ja valon tasaaisuudelle. Työskentelytilojen valaisimien pintakirkkaus ja kusahäikäisyarvo (UGR) vastaavat standardin EN 12464-1 tilaympäristön mukaisia vaatimuksia.
Akustiikka 6p	S3.1	Tila-akustiikka	Hyvän tila-akustiikan toteuttaminen, 50 %	1,50		1,50	Oleskelutilojen jälkikauna-ajan tulee täyttää tilaympäristökohtaiset vaatimukset työ- ja oleskelutilojen osalta. Eistys- ja opetustiloissa puheensiroindeksi (STI) tulee täyttää tilaympäristökohtaiset vaatimukset. S1 tai SFS 5907 B-luokka.
			Avoimien työympäristöjen hyvä akustinen toteutus, 50 %	1,50		1,50	Avoimissa työ- ja opetustiloissa puheen levämisvaimennusasteen puhetaajuuksilla D25 tulee olla alle 8 dB(A), jolloin 85% käyttäjistä on tyytyväisiä akustisiin olosuhteisiin avoimissa työympäristöissä.
	S3.2	Äänenristävyys	Ilmääneneristävyyttä täyttävä asetusten mukaiset vähimmäisvaatimukset, 50 %	1,50	1,50	1,50	Väliseinien todennetun äänitasoeroluvun DnT,w tulee vastata YM:n "Ohje rakennuksen äänympäristöstä" mukaisia arvoja.
		Määräystasoa parempi rakenteellinen äänenristävyys, 50 %	1,50				

Sisäilma ja Terveellisyys pisteet 30,00 12,75 19,25

Innovaatiot 10p	I1.1	Innovaatiot	Toteutetaan hyväksytty innovaatio, 20 % painoarvosta jokaista innovaatiota kohden	10			Pisteitys ja hyväksytyt innovaatiot muuttumassa lähitulevaisuudessa. Iatkossa 1-3 pistettä/innovaatio
			Innovaatio pisteet 10	10	56	73	
Pisteet yhteensä				110	56	73	