

MITRA

HIILINEUTRAALI URHEILUTALO

LOPPURAPORTTI

21.5.2021



Sisällysluettelo

Tiivistelmä	2
Hankkeen tausta ja tavoitteet	2
Hankkeen sisältö, osapuolet ja menetelmät	3
Hankkeen tulokset	4
Hankkeen vaikuttavuus/vaikutukset	5
Viestinnän toteutuminen ja tulokset	6
Tulosten kestävyys ja hyödyntäminen	7
Talousraportti (kustannuserittelylomake liitteeksi, ei raporttiin)	7
Suosituksiset tulevia hankkeita ja ohjelmia varten	8
Johtopäätökset/Yhteenveto hankkeesta ja päätuloksista.	9

Hiilineutraali urheilutalo

1. Tiivistelmä

Imatralla on lähivuosina tulossa urheilutalon uudisrakentamishanke. Imatran Toimitilat Oy haki ympäristöministeriön avustushakua julkiselle sektorille puun käyttöä rakentamisessa edistäviin hankkeisiin 2020 - ensimmäisessä hakukierroksessa saaden myönteisen päätöksen hiilineutraalin urheilutalon konseptisuunnitteluun.

Hankkeen tavoitteena oli tehdä selvitys hiilineutraalin urheiluhallin toteutuskonsepti, jossa tarkasteltiin seuraavia kohtia:

1. puurakentamisen mahdollisuus hiilineutraalisuuden toteutuksessa
2. urheilutalon elinkaarimalli sekä mahdollinen kompensaation malli hiilineutraalisuuden saavuttamiseksi
3. alueen energiavirtojen havainnollistaminen ja hyödyntäminen

2. Hankkeen tausta ja tavoitteet

Hankkeen tavoitteena oli tehdä selvitys siitä onko mahdollista toteuttaa hiilineutraali urheilutalo ja mitkä ovat toimenpiteet, että rakentamisesta aiheutuva hiilidioksiidipäästöt saadaan kompensoitua 50 vuoden elinkaaren aikana.

3. Hankkeen sisältö, osapuolet ja menetelmät

Hanke toteutettiin yhdessä Mitra Imatran Rakennuttaja Oy:n sekä Sweco Rakennetekniikka Oy:n kanssa.

Hanke toteutettiin suunnitelluilla resursseilla ja eri osatehtävät toteutettiin suunnitelman mukaisesti ja suunnitellussa laajuudessa.

Mitra keräsi hankkeeseen lähtötiedot ja toimi rakennuttamisen ja ylläpidon asiantuntijana.

Ostopalveluina Sweco Rakennetekniikka Oy:ltä ostettiin asiantuntija palveluilta seuraavilta toimialoilta:

- projektin johto ja valvonta DI Tero Nokelainen
- kestävän kehityksen asiantuntija ins. Kari Nöjd
 - energia asiantuntija DI Timo Heikkilä
 - projekti-insinööri DI Ossi Kujala
 - puurakenne asiantuntija DI Maija Tiainen

Laskelmissa käytettyjä menetelmiä:

Hiilijalanjäljen ja -kädenjäljen laskenta suoritettiin ”Rakennuksen vähähiilinen arviointimenetelmä” – 30.8.2019, Ympäristöministeriö ohjeen mukaisesti. Laskenta suoritettiin OneClickLCA ohjelmistolla.

Rakennustuotteiden ja -materiaalien osalta käytettiin geneerisiä tuotteita ja todellisten tuotteiden EPD tietoja niiltä osin, kun tietoja oli saatavissa ja niiden arvioitiin edustavan suunnitteluratkaisuja.



www.co2data.fi tietokannan mukaisia päästökertoimia ei käytetty, koska tietokanta julkaistiin vasta sen jälkeen, kun laskennat oli suoritettu.

Hiilineutraaliuden määritelmänä käytettiin 8.6.2020 julkaistua ”Vähähiilisen rakentamisen sanasto ja hiilineutraalin rakennuksen määritelmä”. Hiilijanjäljen osalta laskelmissa tarkasteltiin ulosmyytävän uusiutuvan energian osuutta ja puun kasvuajana ilmakehästä sitovan hiilen osuutta. Betonin karbonatisoitumisen aikaan saama hiilikädenjälki tarkasteltiin yhden laskentavaihtoehdon osalta.

Laskentaohjeet, sanasto ja määritelmät ovat kehitysvaiheessa.

4. Hankkeen tulokset

Hankkeessa saatiin seuraavat keskeiset tulokset

- selvitys kuinka hanke saadaan hiilineutraaliksi eri runkoratkaisuilla, sijaintipaikan ja kompensaatioiden avulla
- mittaristo ja ohjeistus eri vaihtoehtojen vertailuun, jatkosuunnitteluun ja kilpailutukseen

Toissijaisina tuloksina saatiin

- luonnokset mahdollisista eri runkoratkaisuista
- toteutuskelpoisuus paikallista yritysverkostoa hyödyntäen

Yleispätevinä tuloksina saatiin

- yleisselvitys, referenssi ja mittaristo hiilineutraalisuuden arviointiin vastaavissa hankkeissa

Tulokset eri osatehtävissä olivat tavoitteiden mukaiset.

21.5.2021

Hankkeen tuloksista ilmeni, että puurakenteisena toteutettuna urheilutalosta saadaan hiilineutraali 50 vuoden elinkaarelle, mikäli lämmitys voidaan todeta päästöttömäksi/hiilineutraaliksi. Hiilineutraalin lämmön tapauksessa halli ei olisi vain hiilineutraali vaan myös hieman hiiliposiitivinen. Tämä edellyttää kuitenkin että puuperäisten rakennustuotteiden kasvuaikana ilmacehstä sitova hiili huomioidaan osana hiilikädenjälkeä.

Lisäksi selvityksessä vertailtiin eri lämmitysmuotoja, jossa vaihtoehtoina oli seuraavat:

- A) kaukolämpö+ vedenjäähdytyskone
- B) kaukolämpö+ilmavesilämpöpumppu
- C) jäähallin ja urheilutalon yhteinen alue-energiajärjestelmä.

Urheilutalon energiajärjestelmissä ja eri toteutusvaihtoehdoissa ei ollut isoja eroja, lopputuloksena kuitenkin elinkaaritarkasteluna aluelämpö+jäähdytys olisi halvin ratkaisu.

Mikäli alueelle saataisiin paikka varastoida energiaa, olisi alue-energia järjestelmän hyöty vielä suurempi, sillä kesäaikana muodostuvaa lämpöenergiaa ei saada varastoitua järkevästi ja riittävän pitkäksi ajaksi. Hyvänä vaihtoehtona olisi esim. uimahallin rakentaminen viereen, jossa ylimääräinen energia voitaisiin varastoida vesialtaisiin.

5. Hankkeen vaikuttavuus/vaikutukset

Hankkeesta on jo konseptisuunnittelun vaiheessa saatu paljon tietoa puurakentamisen ja betonirakentamisen eroista hiilijalan- ja -kädenjäljen osalta. Tämän pohjalta on helpompaa lähteä vertailemaan rakentamisen päästöjä suurissa rakennuksissa.



21.5.2021

Hankkeesta saadun tiedon tuominen julki toivottavasti kasvattaa julkisia/yksityisiä tahoja toteuttamaan hankkeita jatkossa enemmän puurakenteisena.

Tulosten vaikuttavuuden arvioidaan onnistuneen suunnitelman ja tavoitteiden mukaisesti.

6. Viestinnän toteutuminen ja tulokset

Viestinnän tavoitteena oli viestiä hankkeesta aktiivisesti Imatran kaupungin verkkosivuilla, sosiaalisessa mediassa ja paikallisessa lehdessä 1-2 kertaa kuukaudessa. Lisäksi hankkeesta oli tarkoitus viestittää puurakentamisen asiantuntijoille ja toimijoille.

Hankkeen viestintä paikallisessa mediassa ja Imatran kaupungin omilla jakelukanavilla ei kerännyt suuria osumia eikä aktiivinen viestintä onnistunut halutulla tavalla eikä tavoiteltuun 1-2 kertaan päästy. Osa syynä on se, että hankkeen kesto oli suhteellisen lyhyt ja mitään keskeneräistä ei haluttu viestiä. Hankkeen valmistumisesta ja jatkosta on tarkoitus viestittää enemmän kun tulokset ovat valmiit.

Hankkeen viestiminen ulkopuolisille onnistui paremmin sillä hankkeesta oli mainintaa valtakunnallisesti laajalti levinneessä Kauppalehdessä sekä hankkeesta viestittiin useammassa tapahtumassa hankkeen rahoittajan YM:n puolelta sekä itse järjestetyillä tapahtumilla.

Hankkeesta ilmoitettiin Hilmassa ja siitä pidettiin markkinavuoropuhelu 27.1.2021 jossa esitettiin saatuja tuloksia ja käytiin läpi eri ratkaisuja ja pyydettiin toimittajilta kommentteja toteutuksesta. Markkinavuoropuheluun osallistui yhteensä 24 puurakentamisen toimijaa tai tarvarantoimittajaa.

7. Tulosten kestävyys ja hyödyntäminen

Hankkeesta saadun loppuraportin pohjalta voidaan tehdä vertailuja siitä, kuinka kannattavaa on ilmaston osalta rakentaa iso julkinen rakennus puusta eikä betonista ja, että erilaiset hybridiratkaisut puun kanssa ovat myös hyvä vaihtoehto.

Tämän lisäksi saatiin tietoa siitä kuinka isoa roolia rakennuksen ylläpito näyttää hiilineutraalisen rakentamisen toteutuksessa.

Urheilutalon suunnitelmista saatavat laskelmat kertovat miksi puurakentaminen on kestävä kehityksen kannalta tärkeää ja miksi puurakentamista tulee jatkossakin kehittää.

Hankkeesta saatavat suunnitelmat ja runkoratkaisut ovat kaikkien käytettävissä, jolloin tulevaisuudessa laskelmia voidaan monistaa tuleviin isoihin julkisiin rakennuksiin ja vertailla aikaisessa vaiheessa eri toteutusmuotojen vaikutuksia ympäristöön.

8. Talousraportti

Hankkeen avustushakemuksessa kokonaisrahoituksen osuudeksi oli laskettu 64.000 € joka muodostui seuraavasti:

- Omarahoitus 19.200 €
- Ympäristöministeriön avustus 70% avustuskelpoisista kustannuksista 44.800 €



Hankkeen todelliset kustannukset jäivät hieman alle budjetoidun, Mitran omat henkilöstökulut ja yleiskustannukset jäivät hieman alle lasketun arvion. Ostopalvelut muodostuivat kuitenkin vähän suuremmaksi. Kokonaisuudessa hanke pysyi budjetissa.

9. Suositukset tulevia hankkeita ja ohjelmia varten

Puurakentamisen hyötyjä ja mahdollisuuksia tulee tuoda enemmän esiin. Tällä hetkellä poliittinen/yksityinen taho ei lähde viemään puisia rakennuksia eteenpäin, kun niiden parista osaajat puuttuvat ja pelätään mahdollisia epäonnistumisia sekä kalliita kustannuksia.

Parhaiten puurakentamiseen saadaan vauhtia, kun tuetaan puurakentamisen suunnittelua. Suunnittelun tukeminen ohjaa suunnittelemaan rakennukset puisena, jolloin rohkeus ja halu lähteä viemään suunnittelua puisena kasvaa. Kun puurakentamisen suunnittelun kohteita tulee enemmän urakoitsijoille laskentaan, tulee kilpailun muodossa puurakentamisen tuotteet ja innovatiiviset ratkaisut kasvamaan jokaisen etsiessä kilpailuetua. Tämän seurauksena tulee myös puurakentamisen kustannukset tippumaan ja osaaminen puurakentamiseen paranemaan.

10. Johtopäätökset/Yhteenveto hankkeesta ja päätuloksista.

Hanke toteutettu alkuperäisen suunnitelman mukaisesti suunnitelluilla resursseilla. Hankkeessa saavutettiin sille asetetut tavoitteet.

Suuria julkisia rakennuksia on mahdollista toteuttaa mahdollisimman vähäpäästöisesti. Saman rakennuksen toteuttaminen puusta tai betonista päästöjen t/CO₂e ero on noin 2,5-kertainen.

Hyvänä toteutustapana voidaan pitää myös erilaisia hybridiratkaisuja puuta hyödyntäen.

Ohjeet hiilineutraalisuuden tavoitteluun

VÄHÄPÄÄSTÖISET RAKENNUSTUOTTEET

- Suosi rakennusmateriaaleja ja -tuotteita, joiden valmistus aiheuttaa vähän päästöjä
- Varmenna tuotteiden päästöt ympäristöselosteista (EPD)
- Puuperäisten tuotteiden käyttö kasvattaa rakennuksen hiilikädenjälkeä

ENERGIATEHOKAS TALOTEKNIikka

- Energian tarpeen minimointi vähentää tuotettavan energian tarvetta ja näin myös energian tuotannosta syntyviä CO₂e päästöjä

UUSIUTUVAN ENERGIAN HYÖDYNTÄMINEN

- Integroi rakennukseen uusiutuvan energian tuottojärjestelmiä soveltuvasti ja järkevästi



LOPPURAPORTTI

21.5.2021

- Tarkista aurinkopaneelien valmistuksen aiheuttaman päästön suhde tuottoon ja ”hiilen takaisinmaksuaika”

VÄHÄHIILINEN TAI JOPA HIILINEUTRAALI ALUE-ENERGIA

- Kierrätä ja hyötykäytä energiavirtoja viisaasti. Maksimoi ensin hyötykäyttö energiavirroista rakennuksen sisällä. Syötä jäljelle jäävä hukkaenergia alueen käyttöön.
- Kytkeydy älykkääseen energian kiertoon perustuvaan aluelämpöverkostoon
- Rakennukseen integroidut aurinkopaneelit tukevat osaltaan alueen uusiutuvaa sähkön tuotantoa, kun rakennuksen tarpeen ylittävä tuotto syötetään sähköverkkoon

KOMPENSOI JÄLJELLE JÄÄVÄ NETTOHIILIJALANJÄLKI

- Ohjaa hanketta priorisoimalla seuraavasti:
 1. Suosi ensisijaisesti toimenpiteitä, jotka alentavat hiilijalanjälkeä
 2. Kasvata valinnoilla hiilikädenjälkeä, kun mahdollista
 3. Kompensoi varmennetusti ja kestävästi jäljelle jäävä hiilijalanjälki

VARMENNA KAIKKI TEKEMINEN LASKENTAA HYÖDYNTÄEN

Henry Tapiola
Mitra Imatran Rakennuttaja Oy

Liitteet:

Kustannuserittelylomake

Hiilineutraalin urheilutalon konsepti (Sweco Rakennetekniikka Oy)

Hiilineutraali urheilutalo energiaratkaisut (Sweco Rakennetekniikka Oy)

HIILINEUTRAALIN URHEILUTALON KONSEPTI

LOPPURAPORTTI – 25.1.2021

TEKIJÄT

KARI NÖJD - PROJEKTIPÄÄLLIKKÖ, ENERGIASIMULOINNIT
OSSU KUJALA – HIILIJALANJÄLKILASKELMAT, BETONIRAKENNESUUNNITTELU
JULIANA KALKKILA – PUURAKENNESUUNNITTELU
TIMO HEIKKILÄ – ALUE-ENERGIAJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU

HUOMIOITA LASKENNASTA JA LASKENNAN LAAJUUDESTA

LASKENNAN RAJAUKSET

HIILIJALANJÄLKI

- Piharakenteita, kiintokalusteita, pintarakenteita (maalit ja laatoitukset) ja kosteiden tilojen vedeneristyksiä sekä kaatovaluja ei ole huomioitu laskennassa.
- Kuljetusten, työmaatoimintojen ja elinkaaren loppuvaiheen osalta laskennassa käytetty neliöpohjaisia taulukkoarvoja. Myös talotekniikkajärjestelmien valmistuksesta aiheutuvat CO₂e päästöt huomioitu neliöpohjaisesti.
- Perustusten osalta on huomioitu maanvarainen alapohja anturaperustuksella.

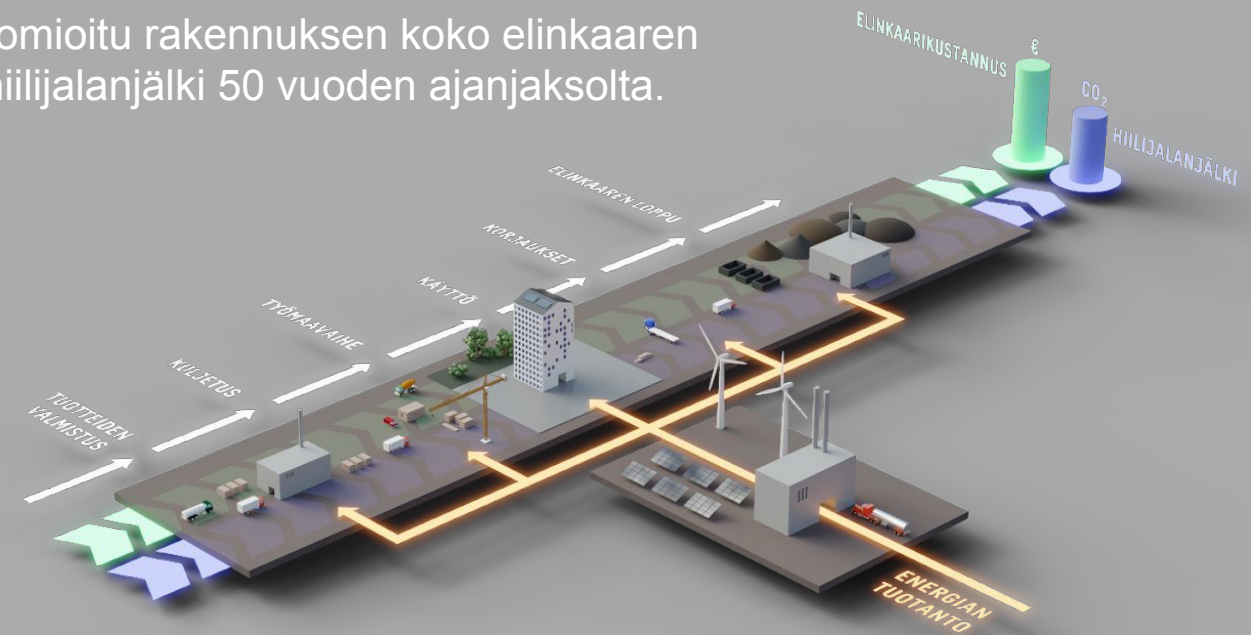
HIILIKÄDENJÄLKI

- Biogeeninen hiilivarasto huomioitu (puuperäisten tuotteiden kasvuaikana ilmakehästä sitoma CO₂)
- Kierrätyksestä ja uusiokäytöstä saatavia elinkaaren ulkopuolisia hyötyjä ei huomioitu.
- Betonipohjaisten tuotteiden karbonatisoitumisen sitomaa hiiltä ei huomioitu.

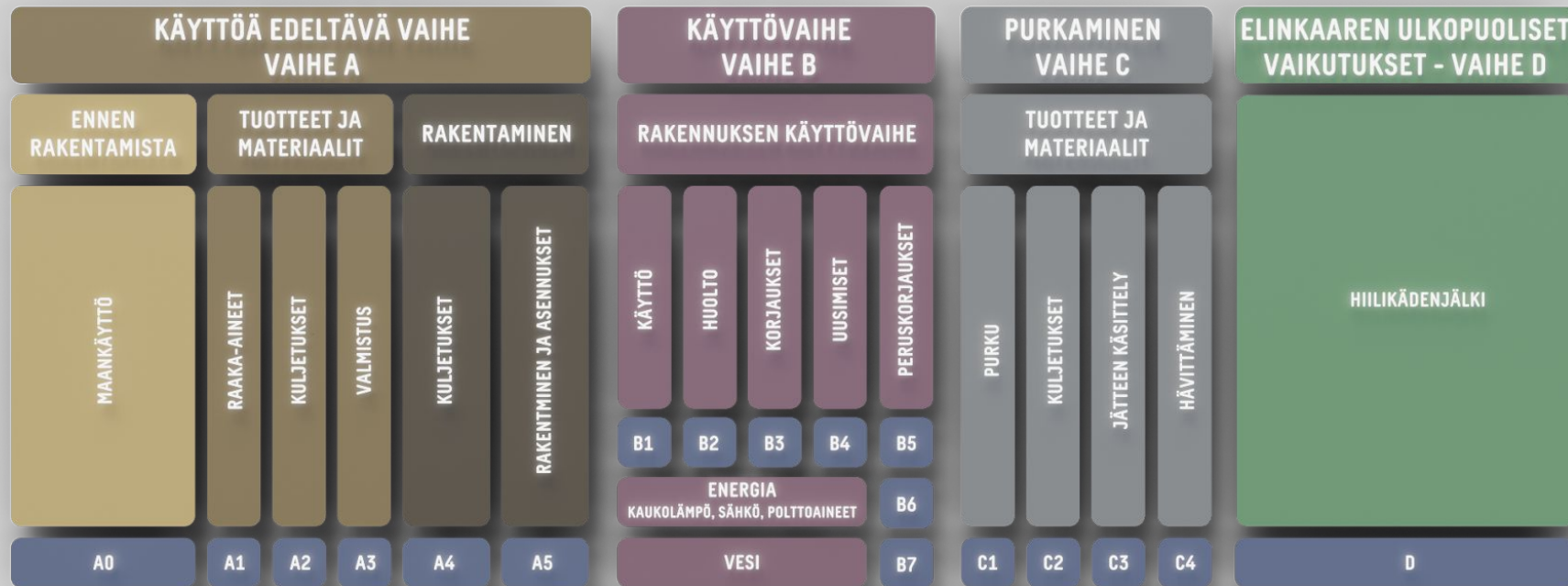
Edellä mainittujen rajausten vuoksi, laskentatuloksia hiilijalanjäljen osalta on syytä pyöristää ylöspäin. Eristyisesti paalutus, stabilointi ja asfaltoidut piha-alueet voivat nostaa hiilijalanjälkeä merkittävästikin. Muilla korottava vaikutus on marginaalisempi.

Hiilikädenjälki voi toisaalta olla myös suurempi, koska kierrätyksestä ja uusiokäytöstä saatavia hyötyjä, eikä esimekrikksi betonipohjaisten tuotteiden karbonatisoitumisen aiheuttamaa hiilen sidontaa ole huomioitu.

Laskenta on tehty soveltaen Ympäristöministeriön valmisteilla olevaa ”**Rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmä**”. Laskennassa on huomioitu rakennuksen koko elinkaaren hiilijalanjälki 50 vuoden ajanjaksolta.



LASKENTAKEHYS JA TULOSTEN TULKINTA



LÄHTÖKOHDAT – IMATRAN UUSI URHEILUHALLI

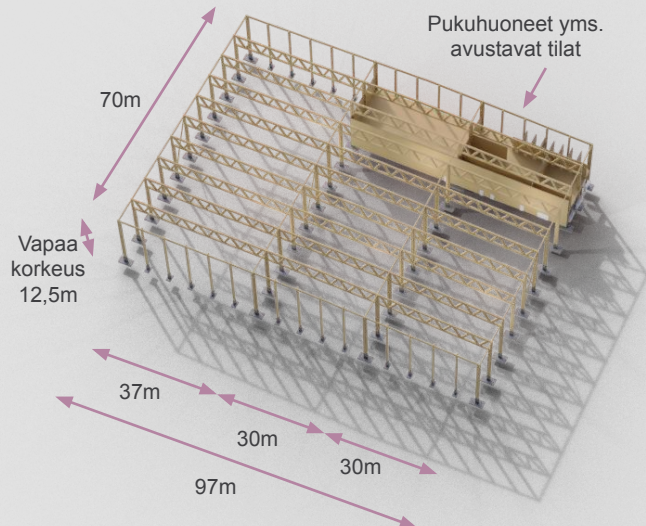
Hankkeen ensisijaisena tarkoituksena oli tutkia eri rakenneteknisten ratkaisujen mahdollisuudet vähähiilisyden edistämiseksi.

Lisäksi selvitettiin talotekniikan energiatehokkuuden ja uusiutuvan energian (aurinkopaneelien) mahdollisuudet tukea kehittymistä kohti hiilineutraalisuutta.

Kohteena on Imatran uusi urheilurakennus, joka selvitystä tehtäessä oli tarveselvitysvaiheessa. Lähtötietoina rakennuksen koolle ja muodoille toimi vuonna 2019 laaditun tarveselvityksen alustava tilaohjelma.

Lähtökohtana työssä oli saada tuloksia, jotka ovat hyödynnettävissä rakennuksen koon ja muodon tarkentuessa sekä yleisesti myös muissa vastaavan tyyppisissä uudisrakennuksissa.

Työssä ei keskitytty arkkitehtisuunnittelun edistämiseen, muuta kuin sen verran että toiminnallisuuksien arvioitiin olevan toteutettavissa tuotetun rakennuksen muodon osalta.



Ote tarveselvityksestä

Tilaryhmä	Uusi Urheilutalo
Hallitila/suorituspaikat	5192
Tekniset tilat/varasto Yms	53
Pukuhuone/pesutilat	261
Käytävät ja portaat	220
Aula	99
Kahvio,Keittiö	57
WC:T	55
Yhteensä	5937

Tilaohjelman lisäksi huomioitiin urheilukenttien toimintoja. Urheiluhalli jaettiin kolmeen laivaan, mikä mahdollistaa kolme erillistä suurempaa aluetta, joissa pelikenttiä voidaan vapaasti muuntaa eri käyttötarkoituksiin.

Kolmen urheilualan koot asettuivat RT-kortin ”RT-97-11146 SISÄLIIKUNTATILAT – Liikuntasalit ja monitoimihallit” kokoluokkaan ”Liikuntahalli” ja ”Suuri liikuntahalli”

Tilatyypin nimitys	Mitat m			Käyttö	Huomautukset
	Leveys	Pituus	Vapaa korkeus		
Liikuntasali noin 660...715 m ²	20...21	32...34	7	koripallo, lentopallo, sulkapallo	Koulukäytössä voitava jakaa kahteen osaan ja varustettava voimistelutelinein.

Liikuntahalli noin 920...1075 m ² Lisäksi siirtokatsomon varastointiala	23...25	30...43	8...9	Edellisten lisäksi käsipallo, futsal (sisäjätkapallo), salibandy, Koripallo kaikilla tasoilla. Lentopallo Euroopan liigatasolla. Sulkapallo kansainvälisellä tasolla jos korkeus on 9 m	Jaettavissa kolmeen osaan jolloin poikittain pelattavissa minilento-palloa ja -koripalloa. Koulukäytössä varustettava voimistelutelineillä.
Suuri liikuntahalli noin 2400...2840 m ² Lisäksi siirtokatsomon varastointiala	40...43	60...66	9...12,5	Edellisten lisäksi voidaan järjestää voimistelun kansainvälisiä kisoja. Lentopallon kansainvälisiä kisoja mikäli korkeus on min. 12,5 m	Jaettavissa kolmeen osaan jolloin poikittain pelattavissa mm. salibandyä. Kolme poikittaista lentopallokenttää yhdessä lohossa tehostaa lajiharjoittelua ja tilojen käyttöä. Jakamattomalla salilla voidaan pelata salibandyä 20 x 40 m:n kentällä ja tehdä kaikille kentän sivuille tarvittaessa siirtokatsomot.

Tarkasteltavan rakennuksen lämitetty netto-ala oli lopulta 7 800 m², mikä ylittää tila-ohjelman vaatimuksen reilusti. Jatkosuunnittelussa onkin oleellista tarkentaa hallin toiminnallisuuksia ja niiden sijoittelua rakennusmassaan.

RAKENNUKSEN HIILIJALANJÄLKI - TARKASTELTUIEN VAIHTOEHTOJEN KUVAUKSET



Betonirunko 1

- Anturaperustus ja maanvarainen alapohja. Paalutusta ja stabilointia ei huomioitu.
- Betonipilarit
- Kattoristikot terästä
- Yläpohja - ontelolaatta + kevytsoraeriste + bitumipohjainen vedeneristys
- Ulkoseinät - sisäkuori betonia+eriste+rappaus
- Märkätiloissa harkkoseinät
- Kantavina väliseininä teräsbetoni
- Ontelolaatta välipohjat

Betonirunko 2

- Sama kuin betonirunko 1, seuraavin muutoksin:
- Anturat 35 % vähemmän materiaalia
- Pilarit 15 % vähemmän materiaalia
- Yläpohja - ontelolaatta + villa + bitumipohjainen vedeneristys
- Ulkoseinät – Teräs sandwich elementti (pelti/villa/pelti)

Puurunko 1

- Anturaperustus noin 75% vähemmän materiaalia betonirakenne 1 vaihtoehtoon verrattuna
- Puupilarit
- Puiset kattoristikot
- Välipohja avokotelolaatta
- Puurankarakenteiset väliseinät
- Yläpohja – kertonpuurakenteinen ripalaatta + kivivilla + bitumipohjainen vedeneristys
- Ulkoseinät – puurankarakenne + kivivilla + julkisivupanelointi (puuverhoilu)

Puurunko 2

- Sama kuin puurunko 1 seuraavin muutoksin:
- Välipohja massiivipuuvälipohja
- Massiivipuiset väliseinät

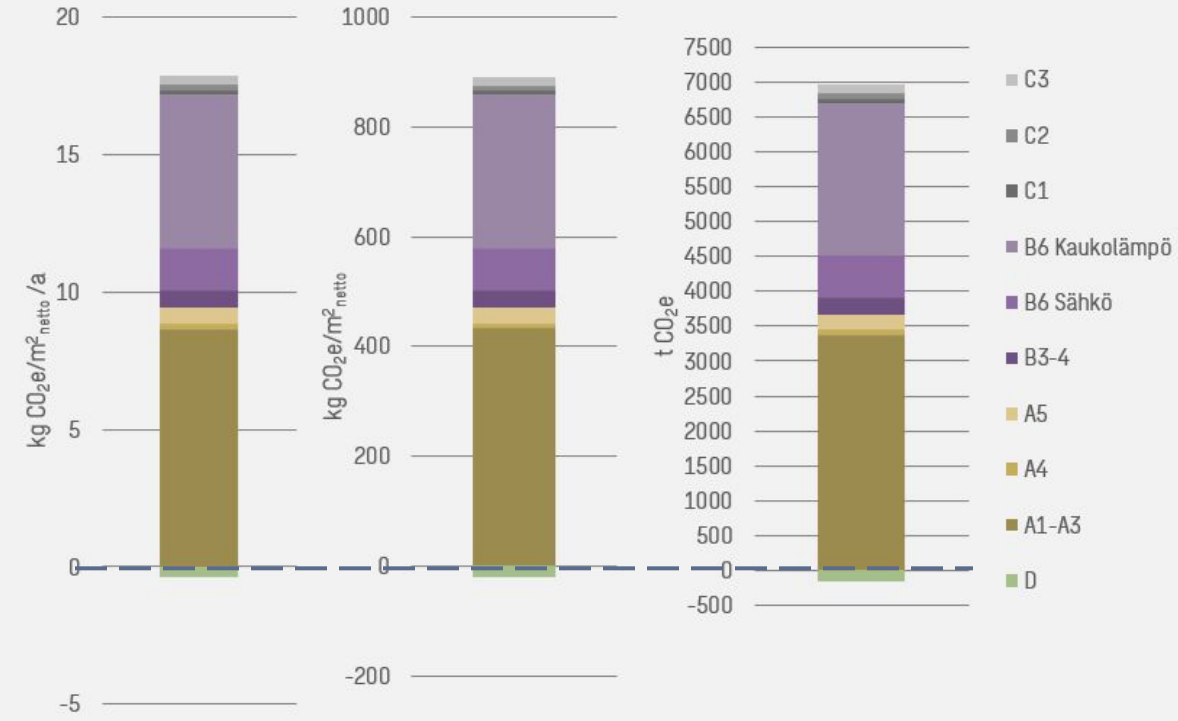
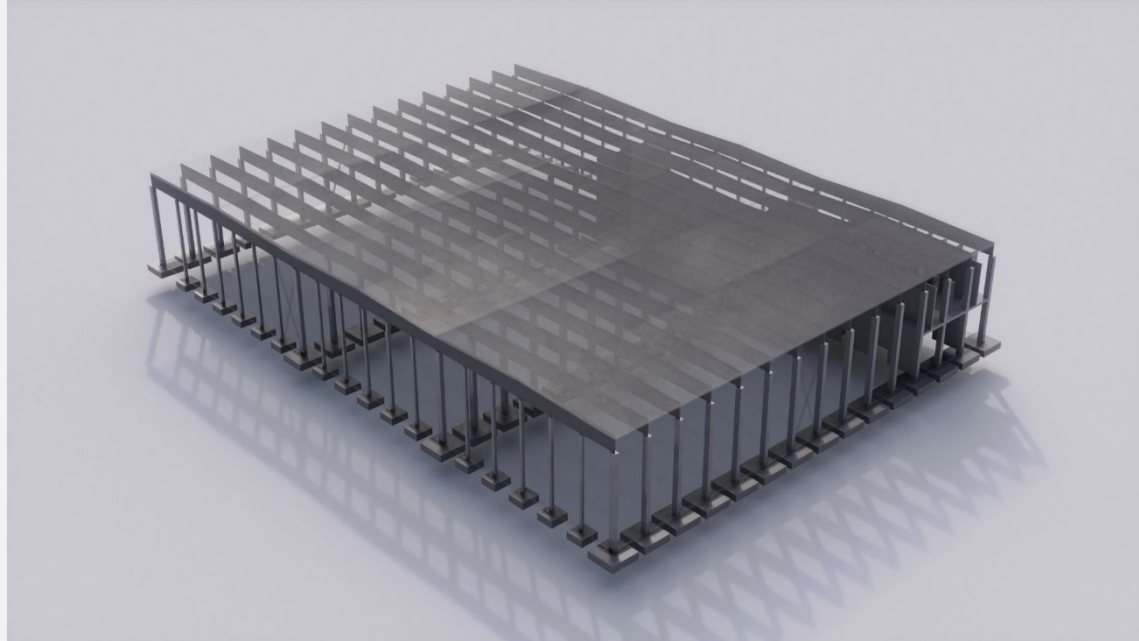
Hybridirunko 1

- Sama kuin puurunko 2 seuraavin muutoksin:
- Pilarit teräsbetonia

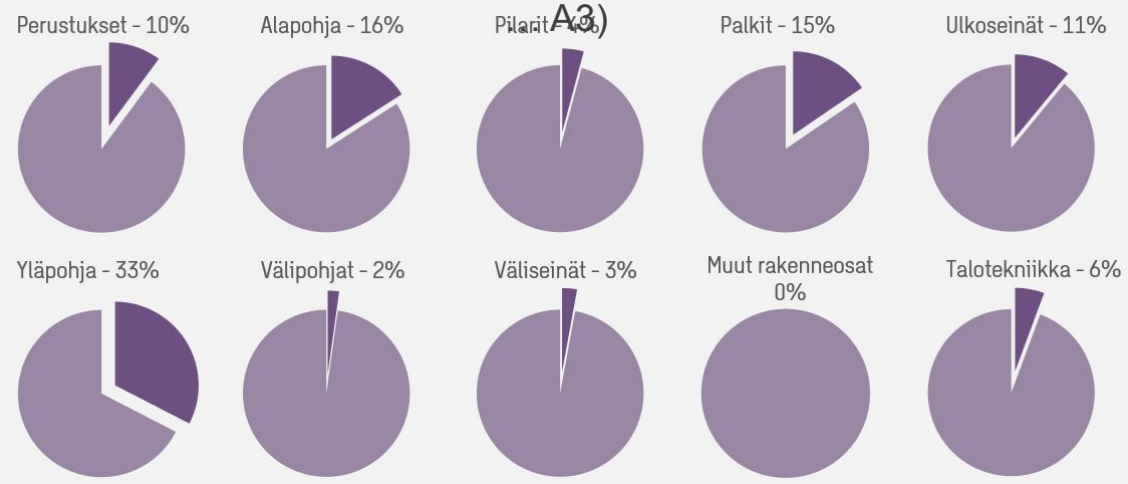
Hybridirunko 2

- Sama kuin puurunko 2 seuraavin muutoksin:
- Pilarit teräsbetonia
- Kattoristikot terästä.

BETONIRUNKO 1

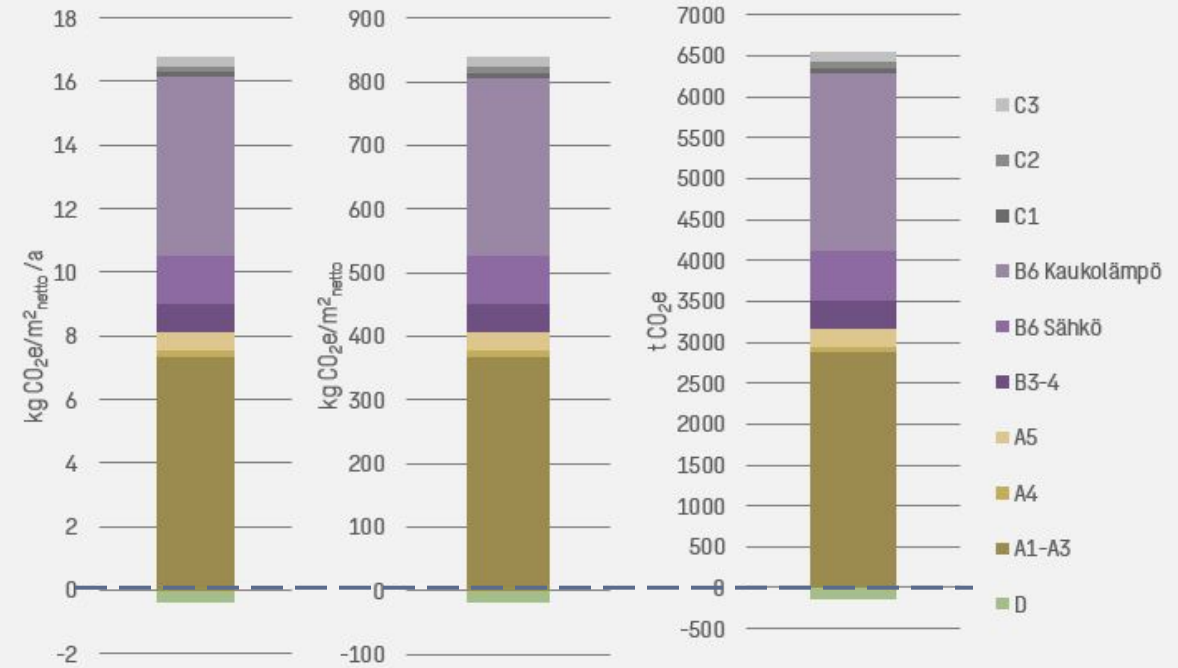
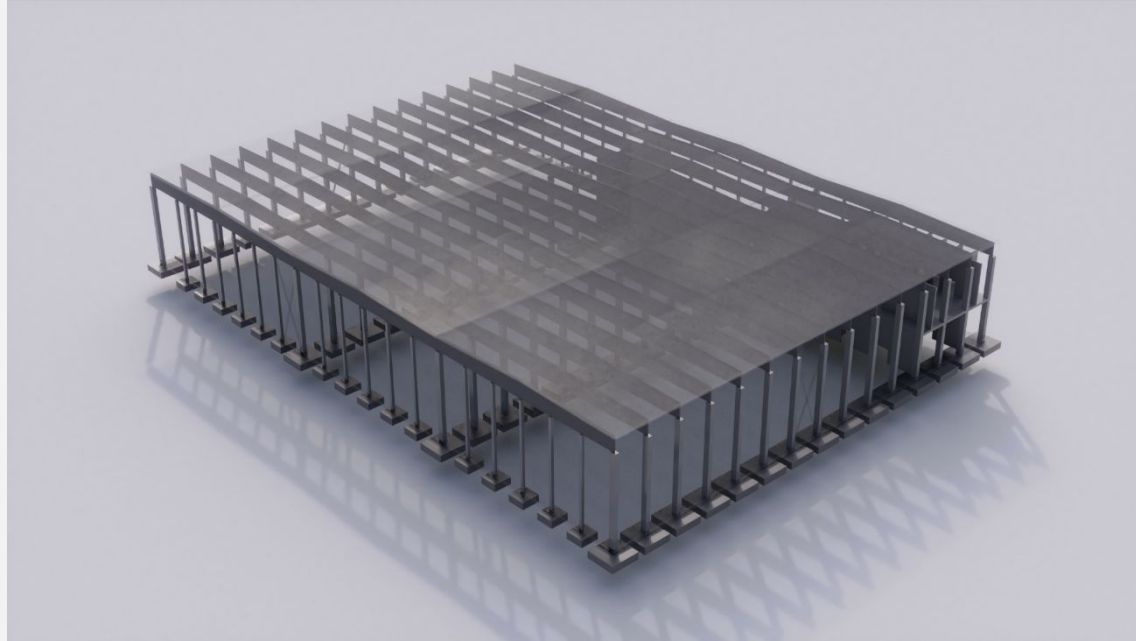


Rakennusosien osuudet tuotesidonnaisista CO₂e päästöistä (A1-A3)

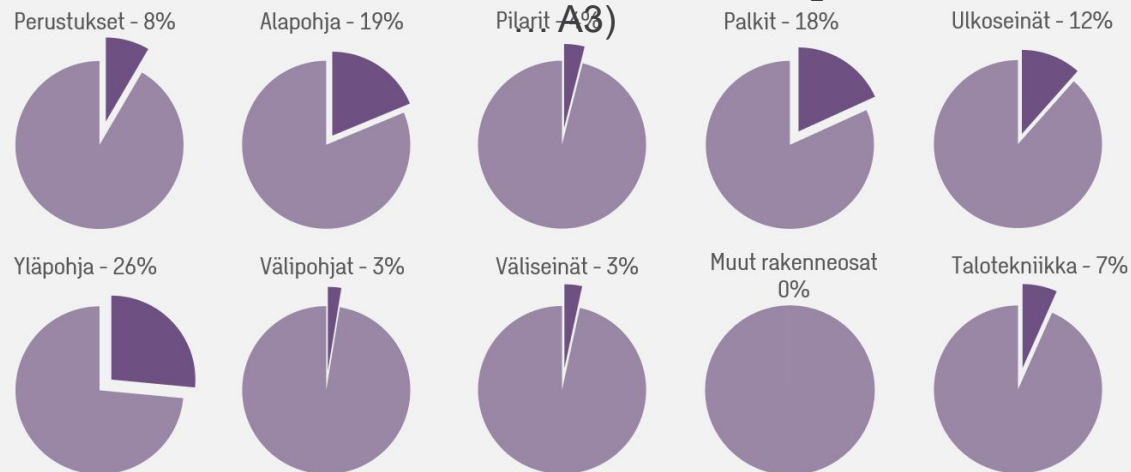


Vaihe	kg CO ₂ e/m ² netto /a	kgCO ₂ e/m ² netto	tCO ₂ e
A1-A3 Tuotevaihe	8.7	433	3377
A4 Kuljetus työmaalle (taulukkoarvo)	0.2	10	78
A5 Uudisrakennuksen työmaatoiminnot (taulukkoarvo)	0.6	28	215
B3-4 Korjaukset	0.6	32	250
B6 Sähkön käyttö	1.5	76	593
B6 Kaukolämmön käyttö	5.6	280	2184
C1 Purkutyömaan toiminnot (taulukkoarvo)	0.2	8	62
C2 Kuljetus jatkokäsittelyyn (taulukkoarvo)	0.2	10	78
C3 Jätteenkäsittely ja loppusijoitus (taulukkoarvo)	0.3	16	121
D Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset	-0.4	-20	-152
Hiilijalanjälki yhteensä	17.8	892	6958

BETONIRUNKO 2

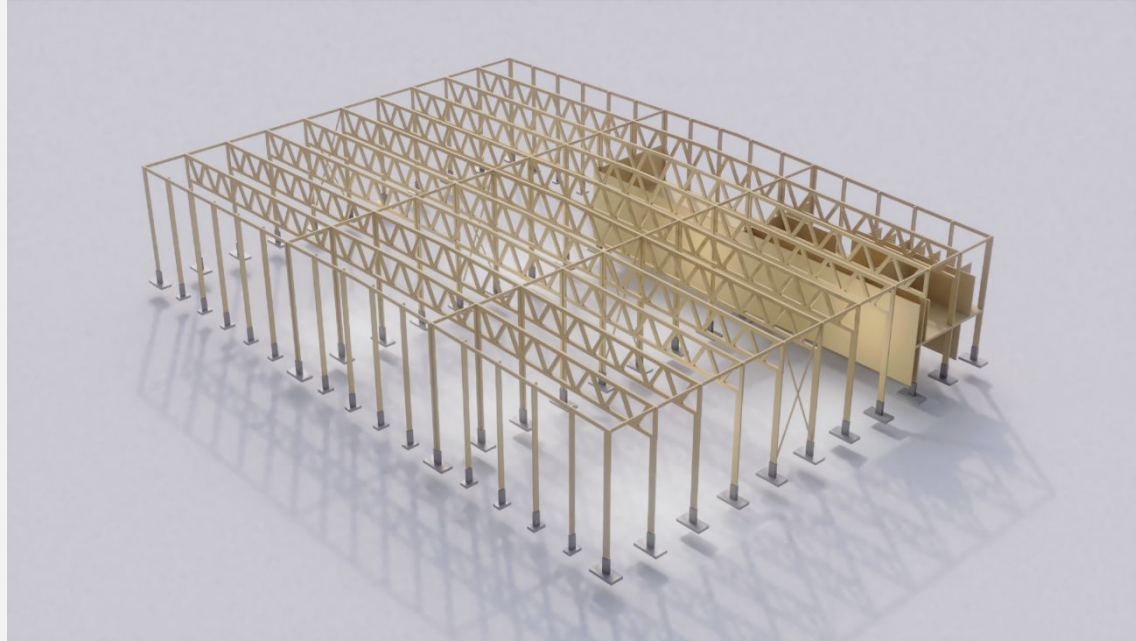


Rakennusosien osuudet tuotesidonnaisista CO₂e päästöistä (A1)

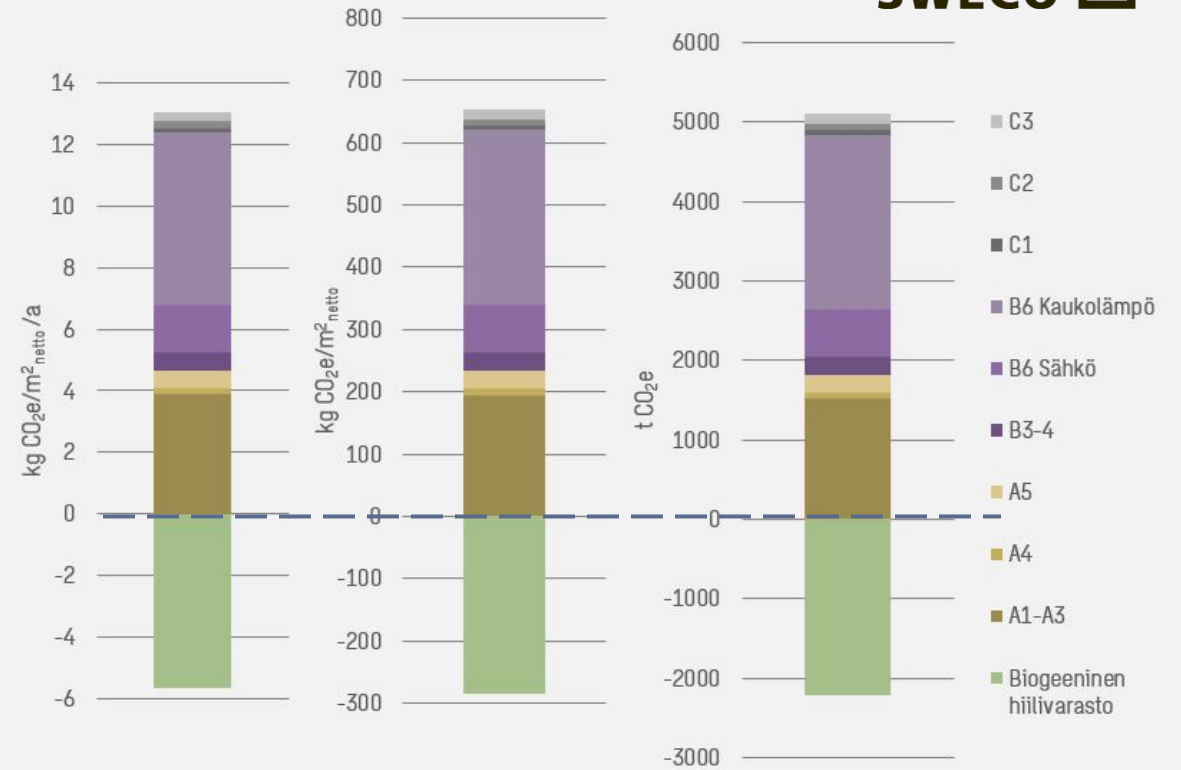
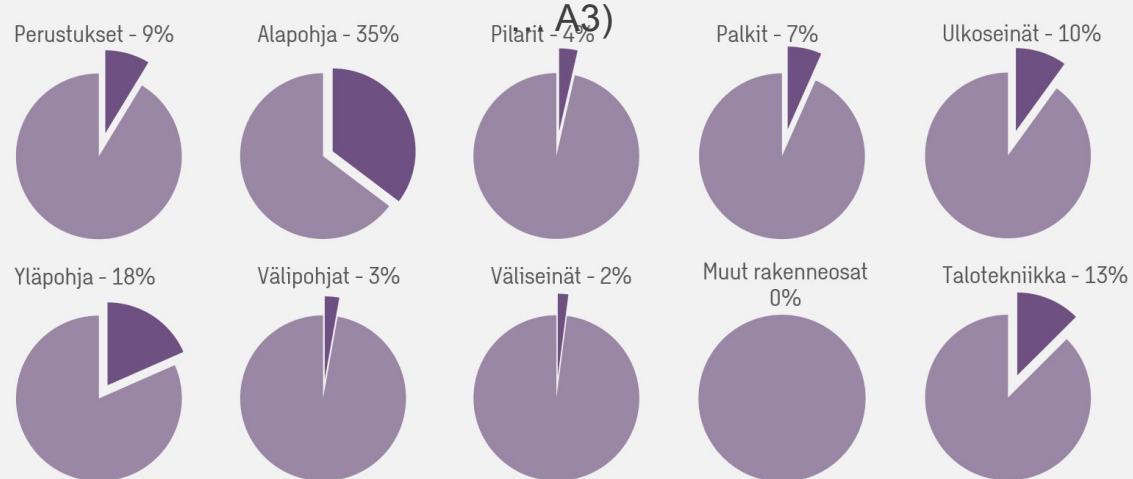


Vaihe	kg CO ₂ e/m ² netto /a	kgCO ₂ e/m ² netto	tCO ₂ e
A1-A3 Tuotevaihe	7.4	368	2870
A4 Kuljetus työmaalle (taulukkoarvo)	0.2	10	78
A5 Uudisrakennuksen työmaatoiminnot (taulukkoarvo)	0.6	28	215
B3-4 Korjaukset	0.9	45	351
B6 Sähkön käyttö	1.5	76	593
B6 Kaukolämmön käyttö	5.6	280	2184
C1 Purkutyömaan toiminnot (taulukkoarvo)	0.2	8	62
C2 Kuljetus jatkokäsittelyyn (taulukkoarvo)	0.2	10	78
C3 Jätteenkäsittely ja loppusijoitus (taulukkoarvo)	0.3	16	121
D Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset	-0.4	-20	-152
Hiilijalanjälki yhteensä	16.8	840	6552

PUURUNKO 1

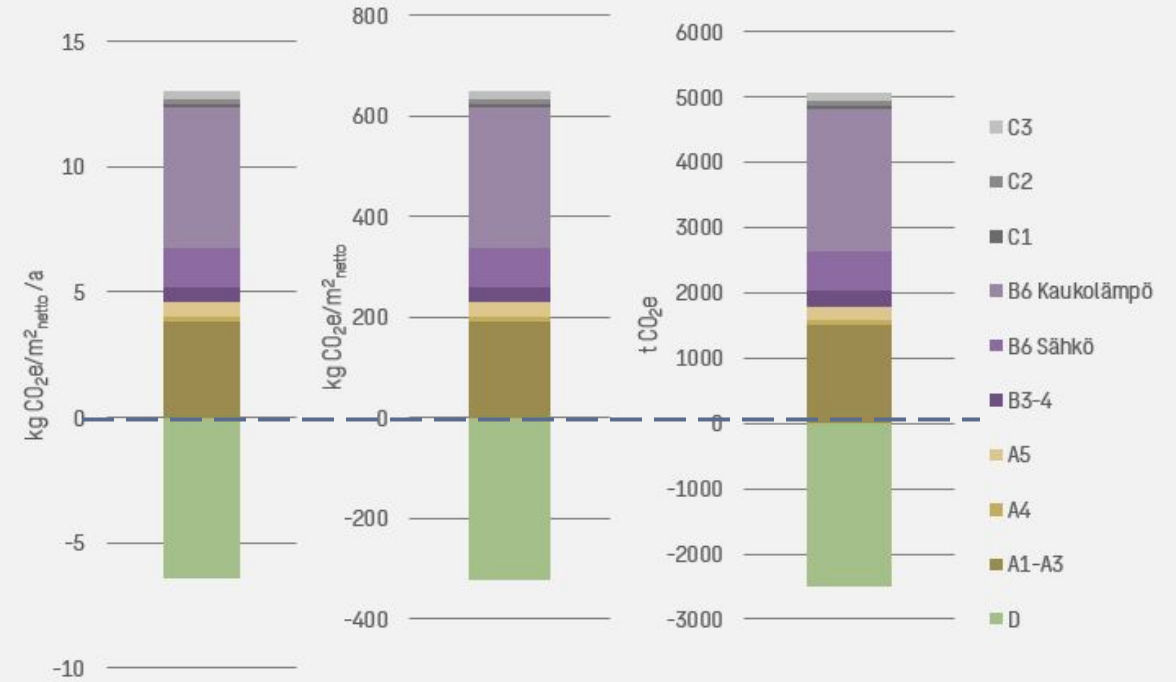
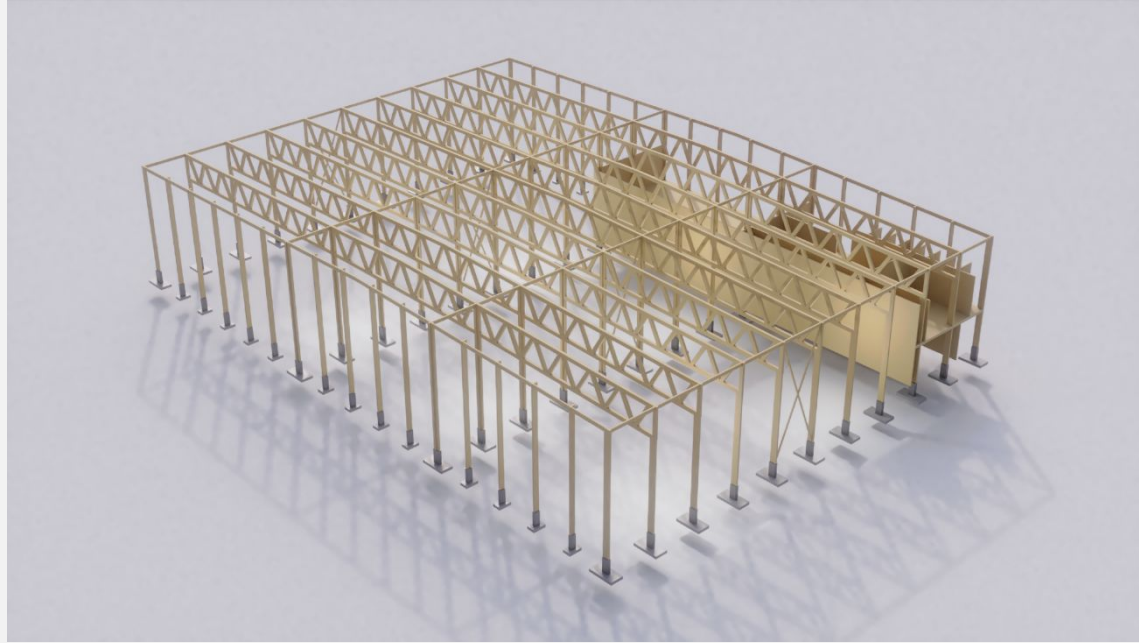


Rakennusosien osuudet tuotesidonnaisista CO₂e päästöistä (A1)

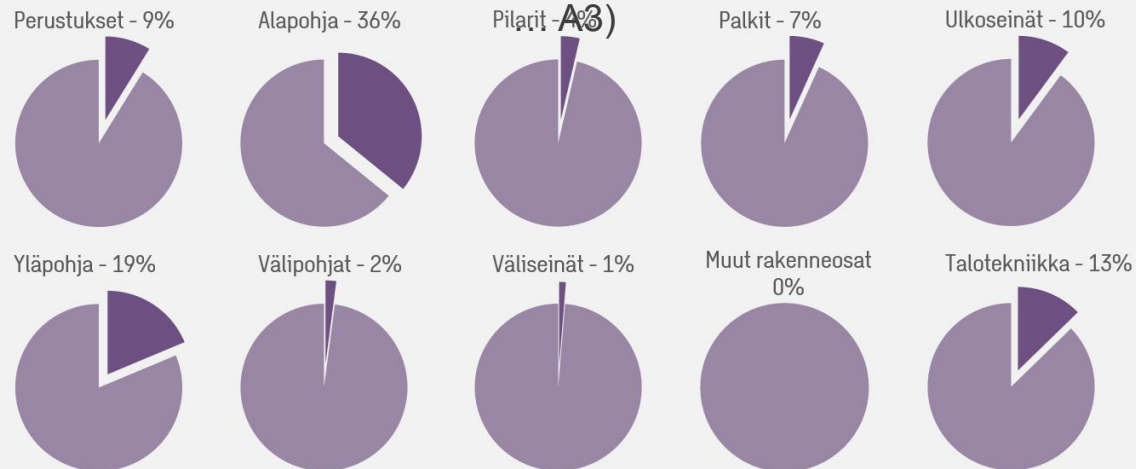


Vaihe	kg CO ₂ e/m ² netto /a	kgCO ₂ e/m ² netto	tCO ₂ e
A1-A3 Tuotevaihe	3.9	196	1525
A4 Kuljetus työmaalle (taulukkoarvo)	0.2	10	78
A5 Uudisrakennuksen työmaatoiminnot (taulukkoarvo)	0.6	28	215
B3-4 Korjaukset	0.6	31	242
B6 Sähkön käyttö	1.5	76	593
B6 Kaukolämmön käyttö	5.6	280	2184
C1 Purkutyömaan toiminnot (taulukkoarvo)	0.2	8	62
C2 Kuljetus jatkokäsittelyyn (taulukkoarvo)	0.2	10	78
C3 Jätteenkäsittely ja loppusijoitus (taulukkoarvo)	0.3	16	121
D Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset	-5.7	-285	-2219
Hiilijalanjälki yhteensä	13.1	654	5097

PUURUNKO 2

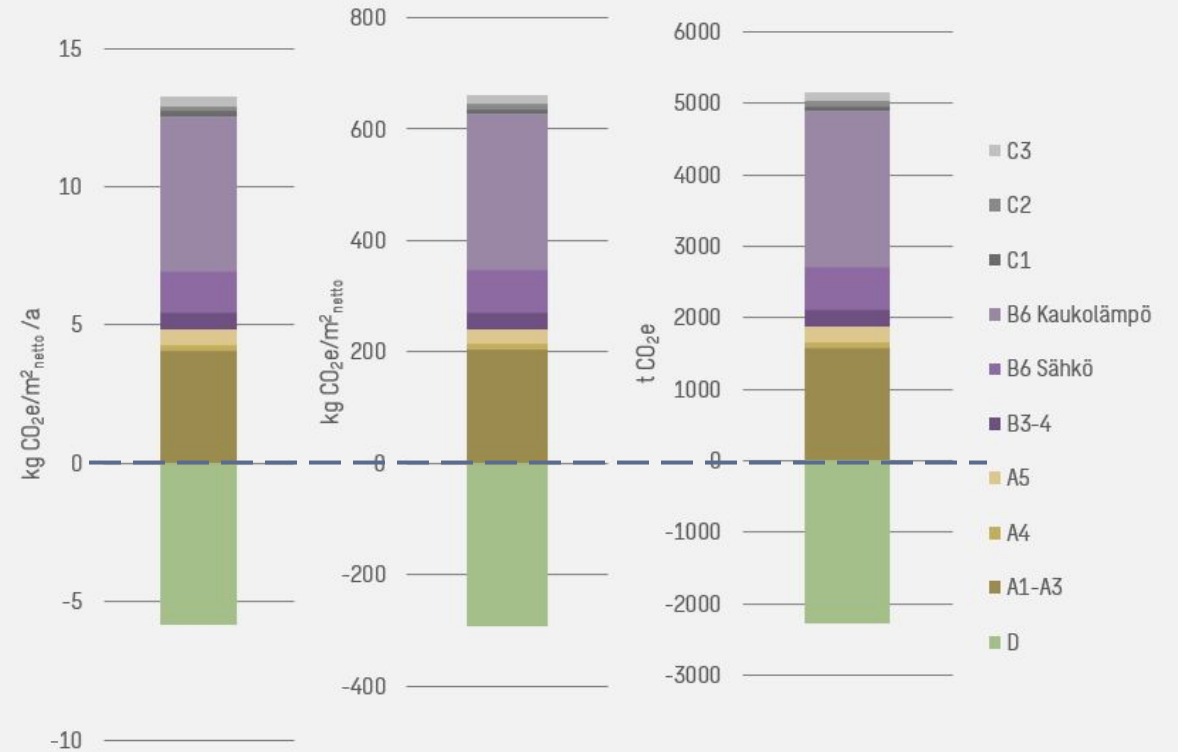
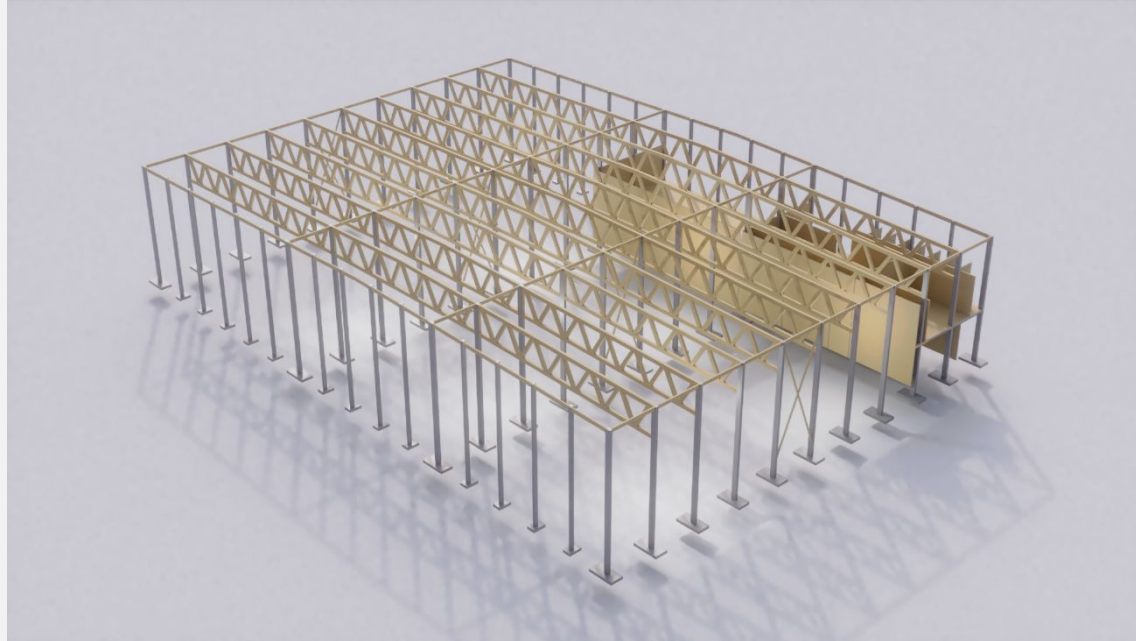


Rakennusosien osuudet tuotesidonnaisista CO₂e päästöistä (A1)

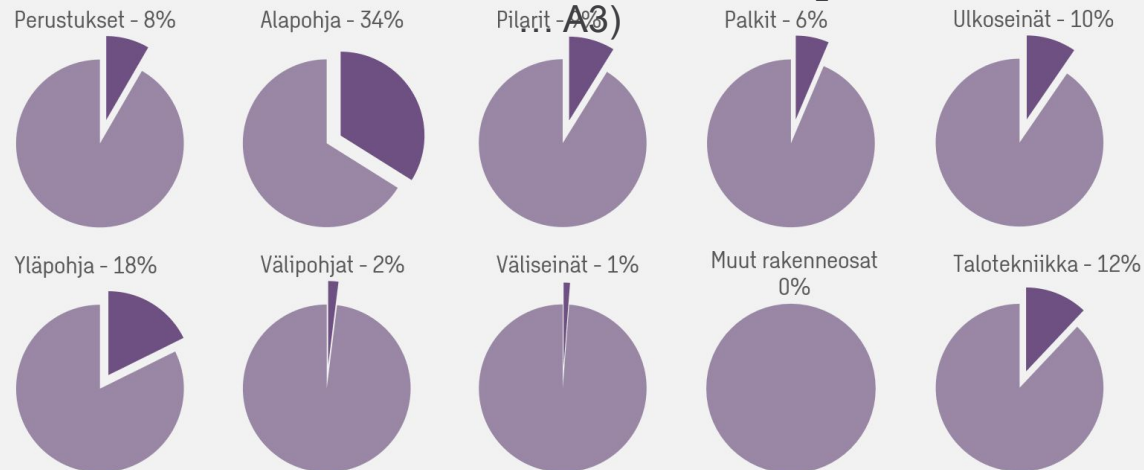


Vaihe	kg CO ₂ e/m ² netto /a	kg CO ₂ e/m ² netto	t CO ₂ e
A1-A3 Tuotevaihe	3.9	193	1502
A4 Kuljetus työmaalle (taulukkoarvo)	0.2	10	78
A5 Uudisrakennuksen työmaatoiminnot (taulukkoarvo)	0.6	28	215
B3-4 Korjaukset	0.6	31	242
B6 Sähkön käyttö	1.5	76	593
B6 Kaukolämmön käyttö	5.6	280	2184
C1 Purkutyömaan toiminnot (taulukkoarvo)	0.2	8	62
C2 Kuljetus jatkokäsittelyyn (taulukkoarvo)	0.2	10	78
C3 Jätteenkäsittely ja loppusijoitus (taulukkoarvo)	0.3	16	121
D Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset	-6.4	-322	-2512
Hilijalanjälki yhteensä	13.0	651	5074

HYBRIDIRUNKO 1 - PUURISTIKOT JA TERÄSBETONIPILARIT

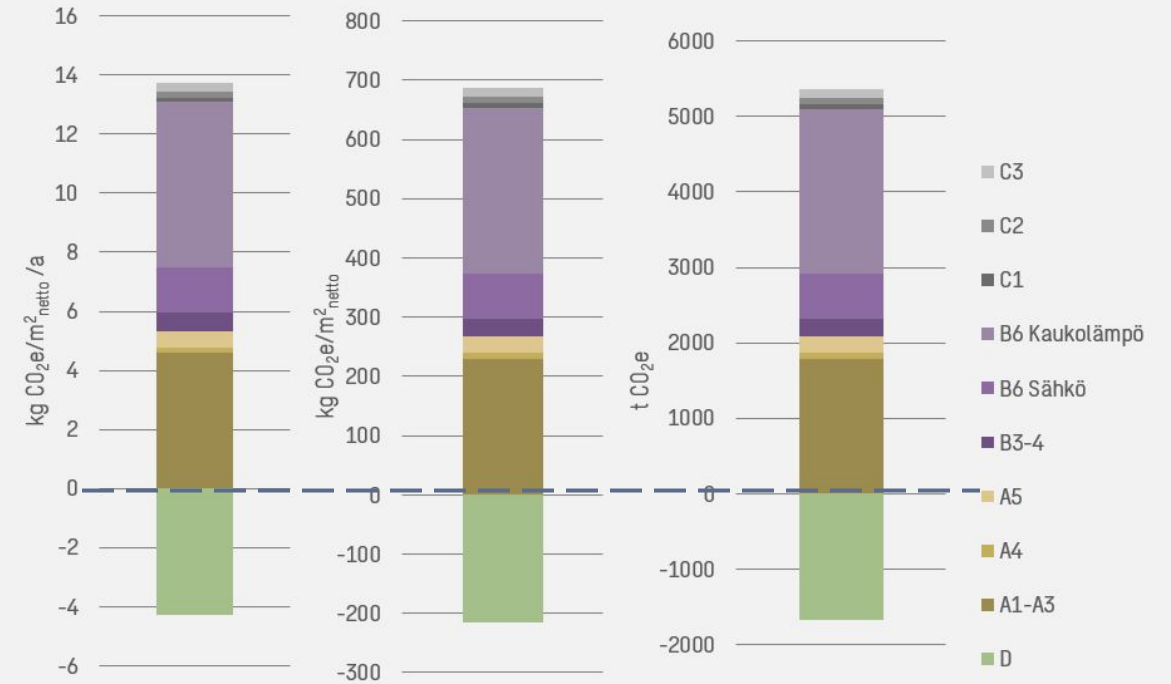
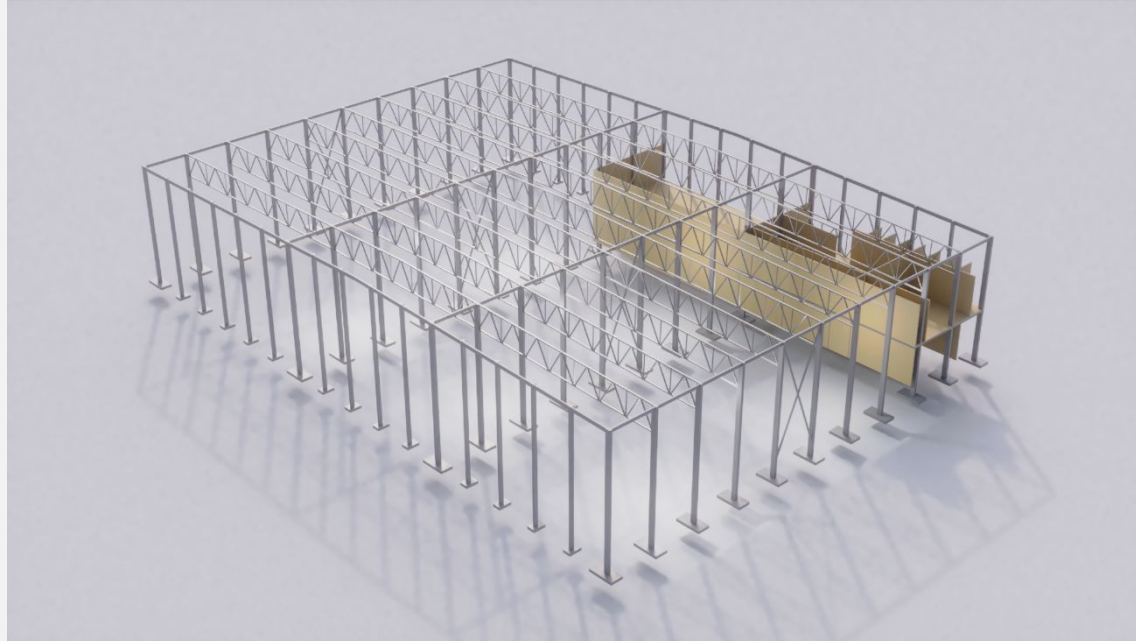


Rakennusosien osuudet tuotesidonnaisista CO₂e päästöistä (A1)

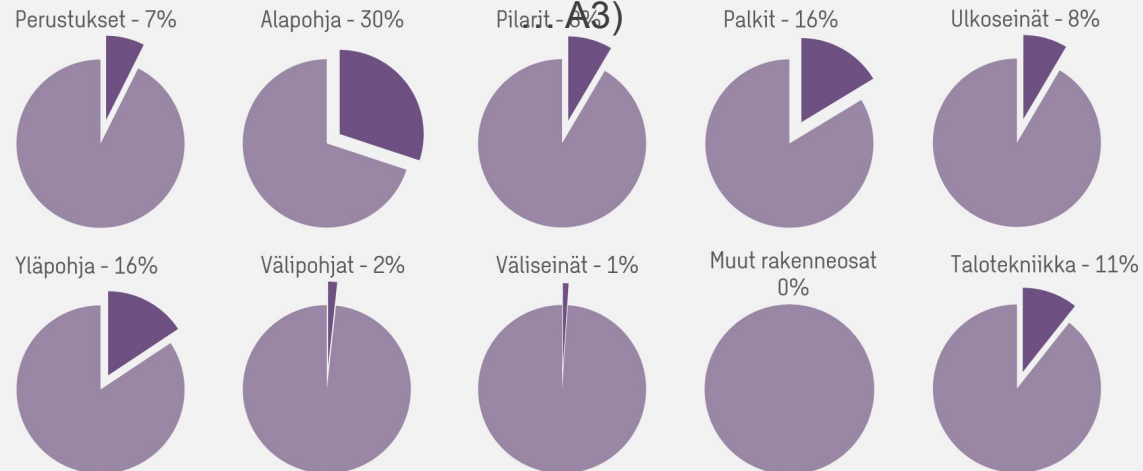


Vaihe	kg CO ₂ e/m ² netto / a	kg CO ₂ e/m ² netto	tCO ₂ e
A1-A3 Tuotevaihe	4.1	204	1587
A4 Kuljetus työmaalle (taulukkoarvo)	0.2	10	78
A5 Uudisrakennuksen työmaatoiminnot (taulukkoarvo)	0.6	28	215
B3-4 Korjaukset	0.6	31	242
B6 Sähkön käyttö	1.5	76	593
B6 Kaukolämmön käyttö	5.6	280	2184
C1 Purkutyömaan toiminnot (taulukkoarvo)	0.2	8	62
C2 Kuljetus jatkokäsittelyyn (taulukkoarvo)	0.2	10	78
C3 Jätteenkäsittely ja loppusijoitus (taulukkoarvo)	0.3	16	121
D Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset	-5.8	-292	-2278
Hiilijalanjälki yhteensä	13.2	662	5160

HYBRIDIRUNKO 2 - TERÄSRISTIKOT JA TERÄSBETONIPILARIT

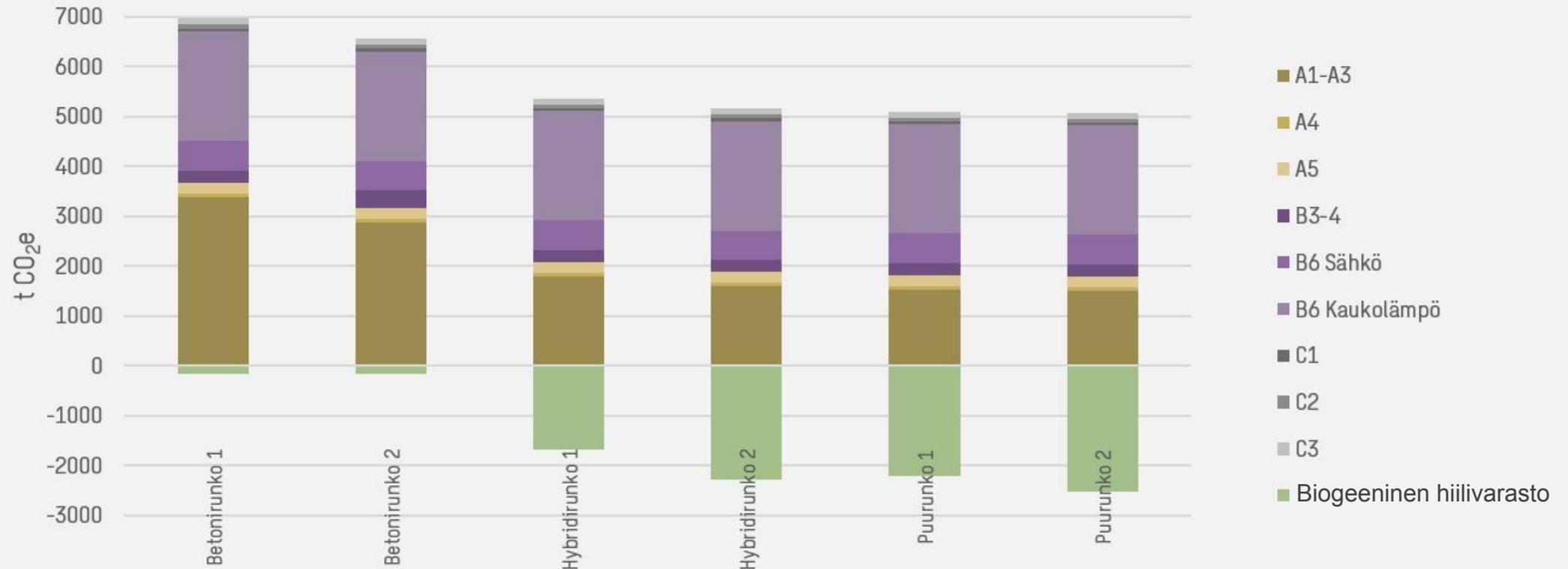


Rakennusosien osuudet tuotesidonnaisista CO₂e päästöistä (A1-A3)



Vaihe	kg CO ₂ e/m ² netto /a	kgCO ₂ e/m ² netto	tCO ₂ e
A1-A3 Tuotevaihe	4.6	230	1790
A4 Kuljetus työmaalle (taulukkoarvo)	0.2	10	78
A5 Uudisrakennuksen työmaatoiminnot (taulukkoarvo)	0.6	28	215
B3-4 Korjaukset	0.6	31	242
B6 Sähkön käyttö	1.5	76	593
B6 Kaukolämmön käyttö	5.6	280	2184
C1 Purkutyömaan toiminnot (taulukkoarvo)	0.2	8	62
C2 Kuljetus jatkokäsittelyyn (taulukkoarvo)	0.2	10	78
C3 Jätteenkäsittely ja loppusijoitus (taulukkoarvo)	0.3	16	121
D Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset	-4.3	-215	-1677
Hiilijalanjälki yhteensä	13.8	688	5363

YHTEENVETO



Hiilijalanjälki	6 958 tCO ₂ e	6 552 tCO ₂ e	5 363 tCO ₂ e	5 160 tCO ₂ e	5 097 tCO ₂ e	5 074 tCO ₂ e
Hiilikädenjälki	-152 tCO ₂ e	-152 tCO ₂ e	-1 677 tCO ₂ e	-2 278 tCO ₂ e	-2 219 tCO ₂ e	-2 512 tCO ₂ e
Erotus (kompensointitarve)	6 806 tCO ₂ e	6 400 tCO ₂ e	3 686 tCO ₂ e	2 882 tCO ₂ e	2 878 tCO ₂ e	2 562 tCO ₂ e
Kompensoinnin kustannus hiilineutraalisuutta tavoiteltaessa*	204 165 €	191 997 €	110 565 €	86 463 €	86 346 €	76 869 €

*CO₂e kompensoinnin kustannukset vaihtelevat välillä 15 ... 40 € / tCO₂e.

Laskelmassa yhden CO₂e tonnin kompensoinnin on oletettu maksavan 30 €

Liite 4. Energiamuotojen päästökertoimet (g CO₂/kWh)

	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100	2110	2120
Sähkö	121	57	30	18	14	7	4	2	1	1	0
Kaukolämpö	130	93	63	37	33	22	15	10	7	4	3
Kaukojäähdytys	130	93	63	37	33	22	15	10	7	4	3
Fossiiliset polttoaineet	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260
Uusiutuvat polttoaineet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

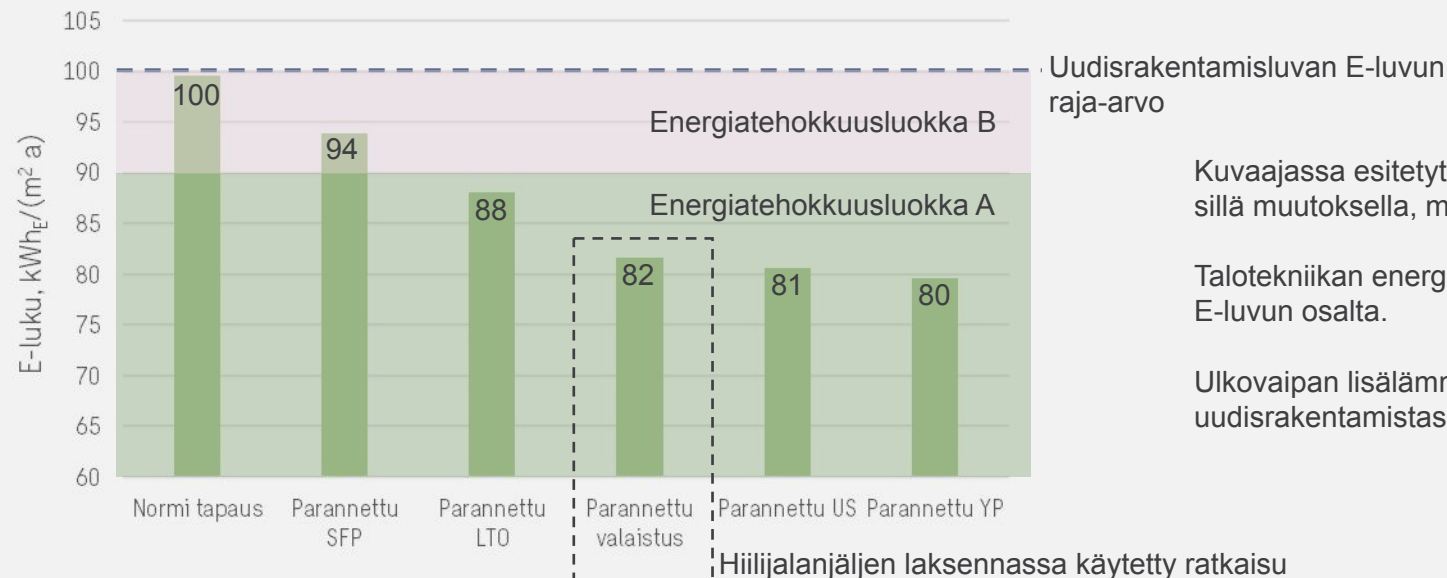
Laskennassa on käytetty Ympäristöministeriön ”Rakennusten vähähiilisyysarviointimenetelmä” –julkaisussa esitettyjä energian tuotannon päästökertoimia.

Skenaariot huomioivat energian tuotannon päästöjen asteittaisen vähenemisen vuosikymmenittäin.

RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUS

Hiilijalanjäljen laskennassa on oletettu että rakennus on normaalia uudisrakentamista energiatehokkaampi. E-lukuvaatimus uudelle urheilurakennukselle on $100 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2 \text{ a})$. Laskennassa käytetyt sähkön ja kaukolämmön kulutukset vastaavat rakennusta, jonka E-luku on $82 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2 \text{ a})$. Parempi E-luku on saavutettu normaaleilla ulkovaipan U-arvoilla ja parantamalla taloteknisiä järjestelmiä seuraavasti:

- Ilmanvaihdon puhaltimien sähkönkulutusta pienennetty, SFP $1,5 \square 1,0 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$. Väljä kanava- ja konemitoitus sekä energiatehokkaat puhallinmoottorit.
- Lämmöntalteenoton tuloiman lämpötilasuhdetta rakennuksen koko ilmanvaihtolaitoksen osalta kasvatettu $0,7 \square 0,8$. Tähän päästään tehokkailla ilmanvaihdon lämmöntalteenottolaitteilla ja minimoimalla erillispoistot.
- Energiatehokas valaistus, esim. LED valaisimet ja tarpeenmukainen ohjaus.



Kuvaajassa esitetyt laskentatapaukset vastaavat edellistä laskentatapausta sillä muutoksella, mikä alla on ilmoitettu.

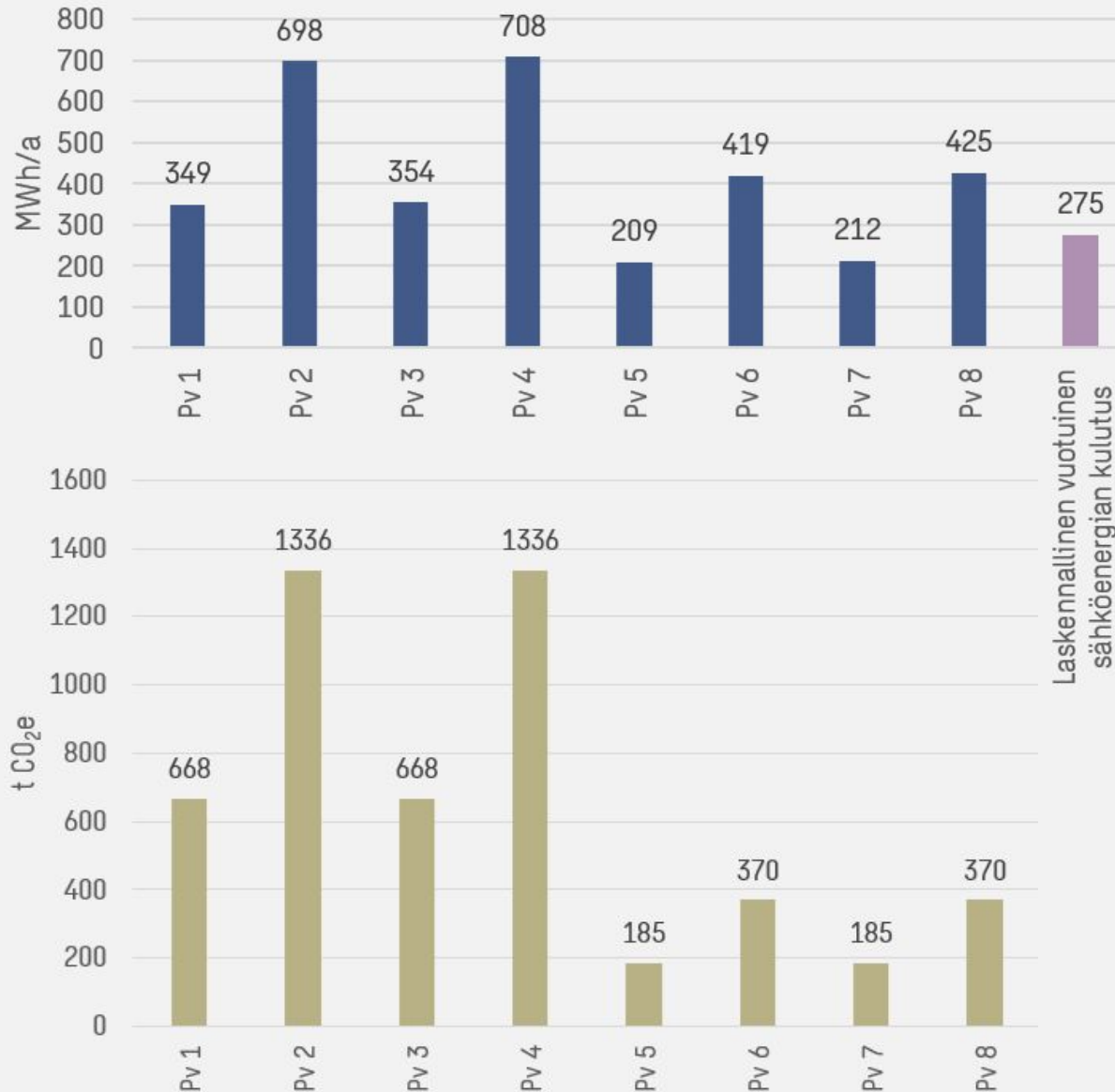
Talotekniikan energiatehokkuutta parantamalla saadaan selvää parannusta E-luvun osalta.

Ulkovaipan lisälämmöneristämisen lisääminen normaaliin uudisrakentamistasoon parantaa E-lukua vain marginaalisesti.

Edellä esitetyissä tuloksissa ei ole huomioitu aurinkopaneelien vaikutuksia hiilijalanjälkeen eikä E-lukuun. Aurinkopaneelit on huomioitu jatkotarkasteluina ”puurakenne 2” vaihtoehtoon seuraavasti:

- Pv 1 - Puolet (40% □ 2 760 m²) katosta varustetaan paneelililla Piikidekenno Hyötysuhde 0.15 Kulma 2° etelä
- Pv 2 - Koko katto (80% 5 520 m²) katosta varustetaan paneelililla Piikidekenno Hyötysuhde 0.15 Kulma 2° etelä
- Pv 3 - Puolet (40% 2 760 m²) katosta varustetaan paneelililla Piikidekenno Hyötysuhde 0.15 Kulma 42° etelä
- Pv 4 - Koko katto (80% 5 520 m²) katosta varustetaan paneelililla Piikidekenno Hyötysuhde 0.15 Kulma 42° etelä
- Pv 5 - Puolet (40% 2 760 m²) katosta varustetaan paneelililla Ohutkalvokenno hyötysuhde 0.09 kulma 2° etelä
- Pv 6 - Koko katto (80% 5 520 m²) katosta varustetaan paneelililla Ohutkalvokenno hyötysuhde 0.09 kulma 2° etelä
- Pv 7 - Puolet (40% 2 760 m²) katosta varustetaan paneelililla Ohutkalvokenno hyötysuhde 0.09 kulma 42° etelä
- Pv 8 - Koko katto (80% 5 520 m²) katosta varustetaan paneelililla Ohutkalvokenno hyötysuhde 0.09 kulma 42° etelä

AURINKOPANEELIEN SÄHKÖENERGIAN TUOTTO JA VALMISTUKSEN AIHEUTTAMAT CO₂e PÄÄSTÖT



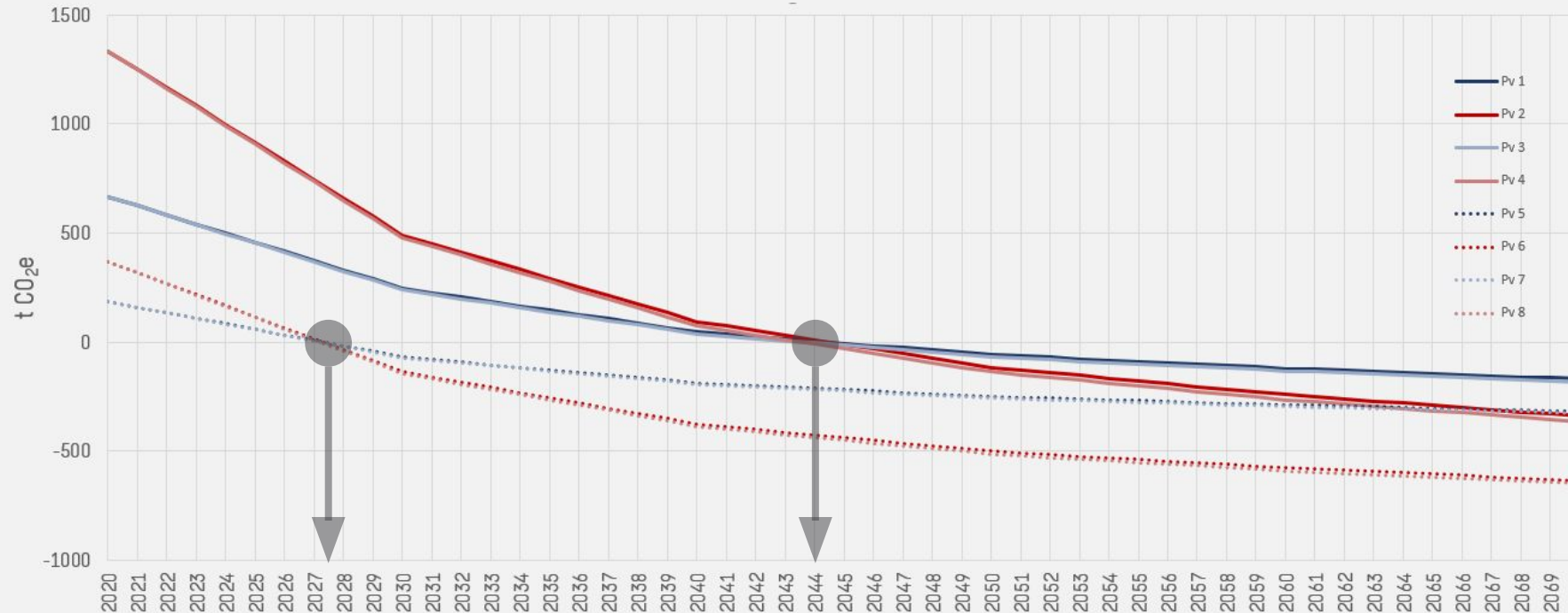
Kattopinta-ala on niin suuri että aurinkopaneleilla on mahdollista tuottaa saman verran sähköenergiaa kuin urheilurakennuksen laskennallinen kulutus on vuodessa.

Tuotto ja kulutus eivät kuitenkaan täsmää, joten aurinkopaneeleilla tuotettua sähköä pitää pystyä myymään verkkoon ja verkosta ostaa sähköä kun kulutus ylittää paneelien tuoton.

Aurinkopaneelien valmistuksen päästötietoja

Kiteinen aurinkopaneeli 242 kg CO₂/m²
Ohutkalvopaneeli 67 kg CO₂/m²
Verkkoinverterteri (ei huomioitu) 22 kg CO₂/kpl

AURINKOPANEELIT KORVAAVAT VERKKOSÄHKÖ JA ESTÄÄ NÄIN SÄHKÖNTUOTANNON PÄÄSTÖJEN SYNTYMISTÄ



Panellien tuotanto aiheuttaa päästöjä. Käytön aikana paneelit kuitenkin estävät sähköverkosta ostettavan sähköenergian tuotannosta aiheutuvan päästön syntymisen.

Aurinkopaneelien ilmastovaikutus muuttuu positiiviseksi kun päästökertymä on alle 0.
Ratkaisusta riippuen ilmastovaikutus muuttuu positiiviseksi 7 ... 25 viiden vuoden sisällä.

Oleelliseksi asiaksi paneelien valinnassa nousevat paneelien käyttöikä, tuoton pysyvyys elinkaaren aikana ja valmistuksen aiheuttamat päästövaikutukset.

Ohutkalvopaneelien kokonaisilmastovaikutus on positiivisempi vaikka niiden tuotto on alhaisempi.

AURINKOPANEELIEN VAIKUTUS URHEILUKESKUKSEN HIILIJALANJÄLKEEN



KAUKOLÄMMÖN PÄÄSTÖT

Esitetyissä laskelmissa on käytetty kaukolämmön tuotannon päästöinä yleisesti käytettävää kansallista skenaariota.

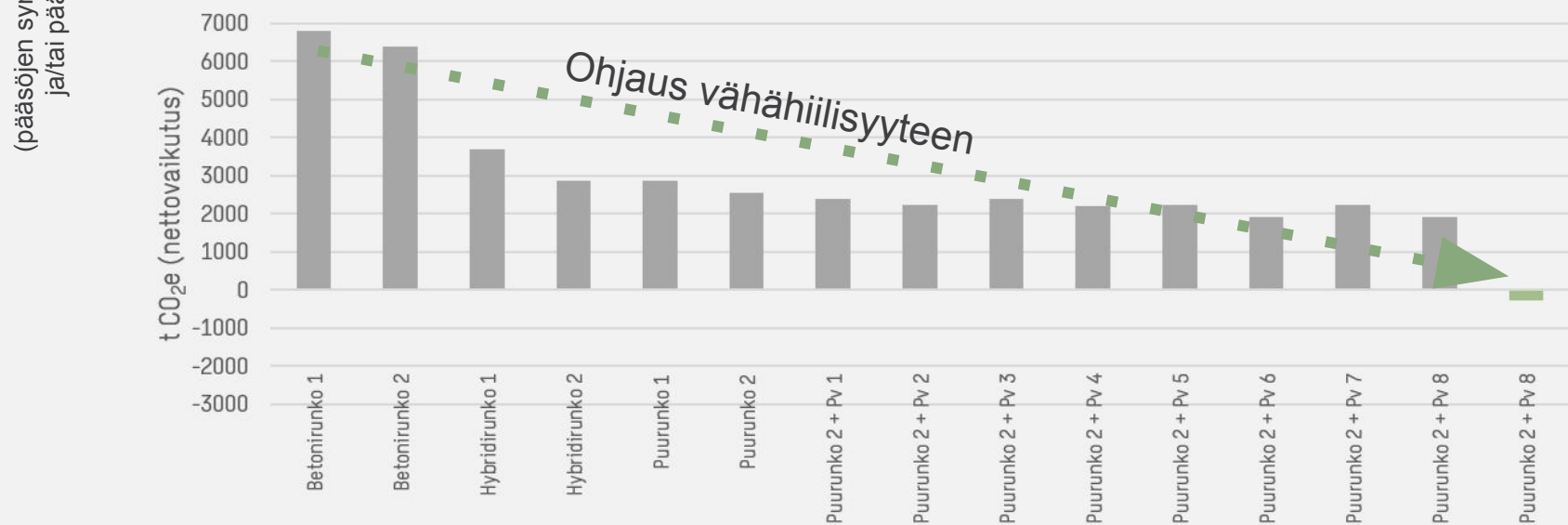
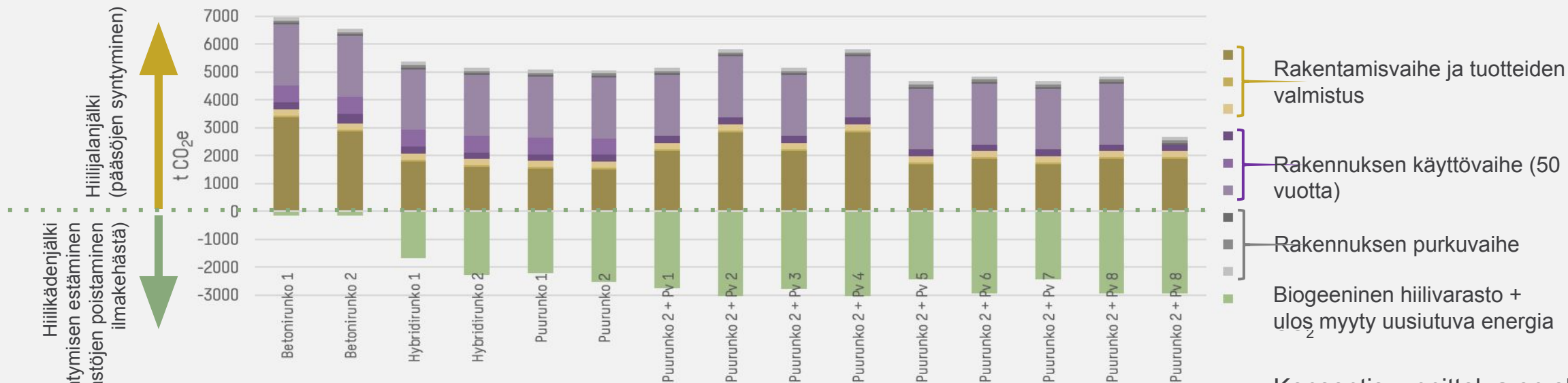
Mikäli kaukolämmön tuotanto voidaan varmennetusti tuottaa nollapäästöisesti heti elinkaaren alusta, voidaan kaukolämmön kultus poistaa laskelmista.

Urheilutalon alueelle ollaan suunnittelemassa vähäiistä tai jopa hiilineutraalia alue-energiajärjestelmää.



Hiilijalanjälki	2 667
Hiilikädenjälki	-2 939
Erotus (kompensointitarve)	-272

HIILIJALANJÄLJEN OHJAUS

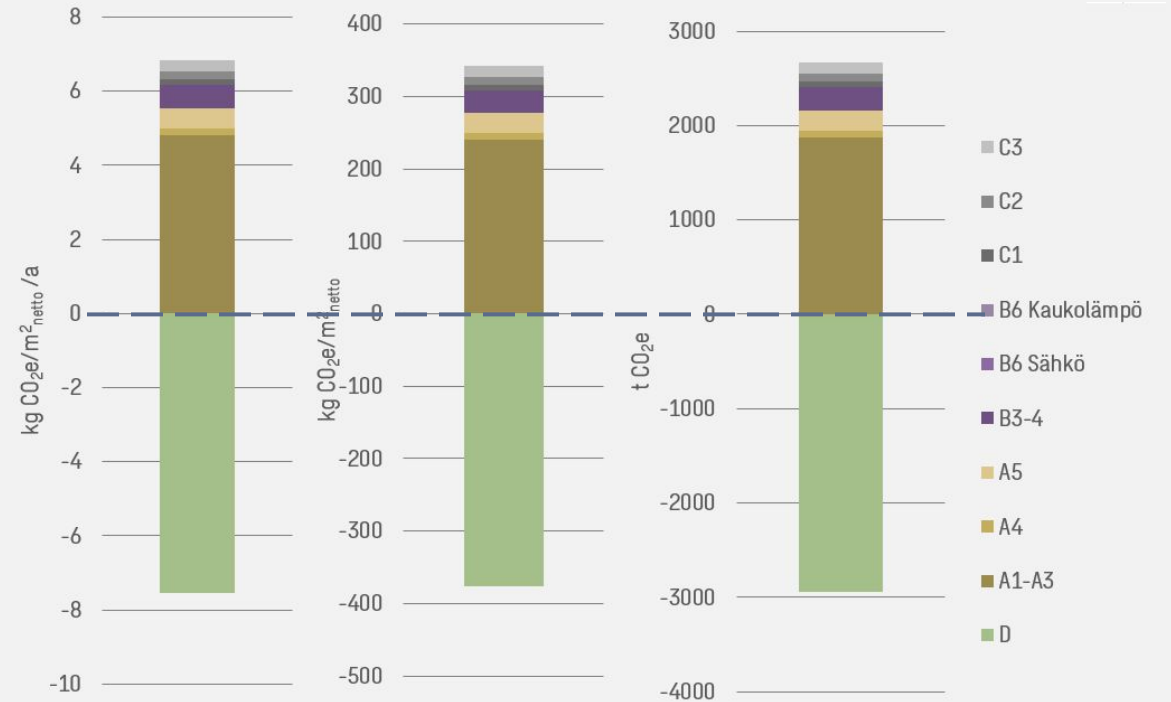
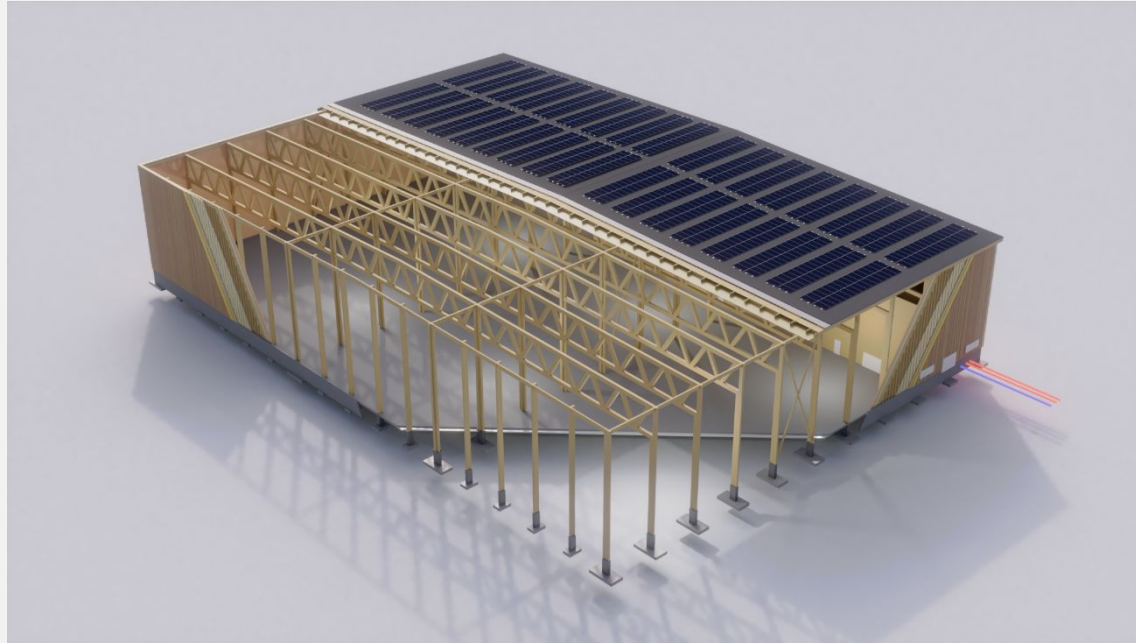


Konseptisuunnittelua on ohjattu hiilijalanjäljen laskennan avulla. Puun kasvuaikana ilmakehästä sidottu hiili huomioitu hiilikädenjälkenä.

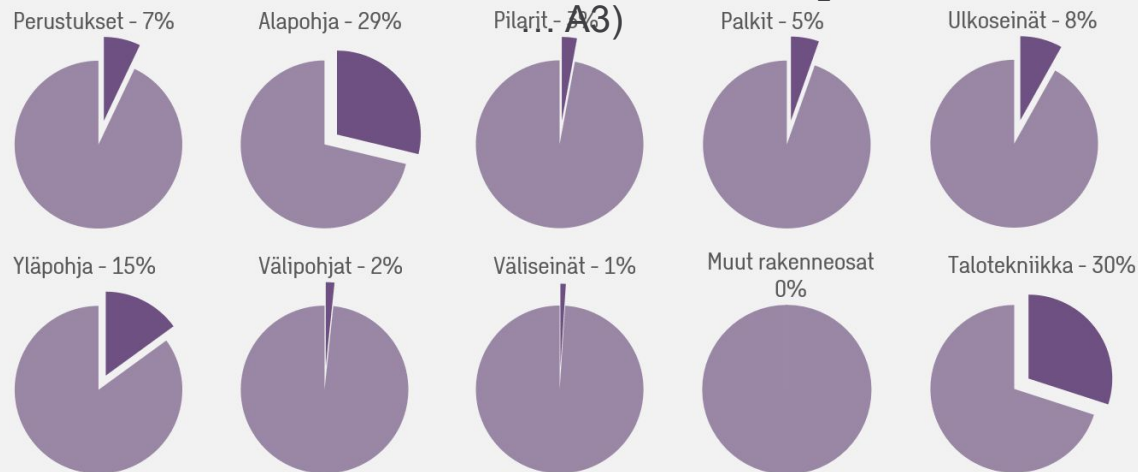
Konseptia on ohjattu huomien myös ratkaisujen tekninen ja taloudellinen toteutettavuus huomioiden.

Vaihtoehtotarkastelujen kautta on pystytty tunnistamaan järkevät keinot, joilla hiilineutraalisuutta voidaan tavoitella.

PUURUNKO 2 + PV 8 + HIILINEUTRAALI ALUE-ENERGIA

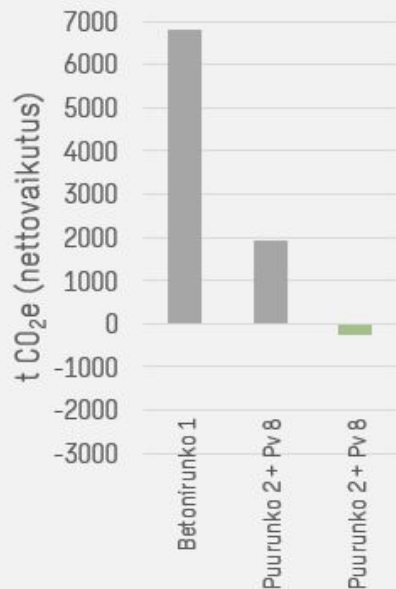
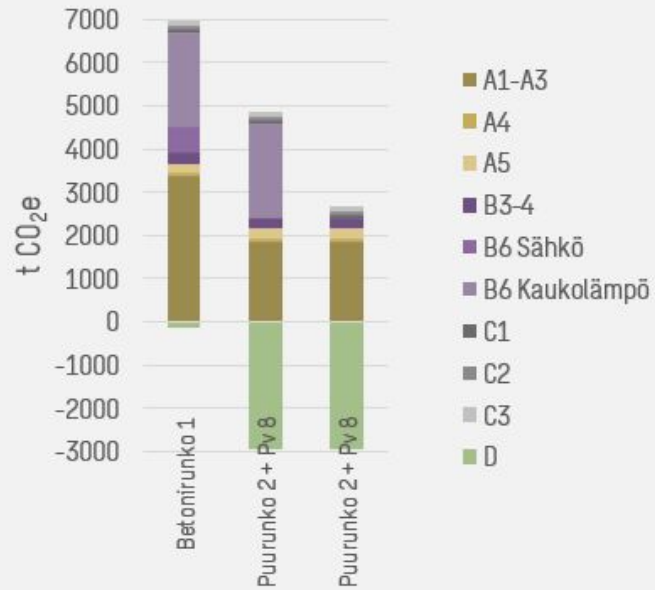


Rakennusosien osuudet tuotesidonnaisista CO₂e päästöistä (A1)



Vaihe	kg CO ₂ e/m ² netto / a	kgCO ₂ e/m ² netto	tCO ₂ e
A1-A3 Tuotevaihe	4.8	240	1872
A4 Kuljetus työmaalle (taulukkoarvo)	0.2	10	78
A5 Uudisrakennuksen työmaatoiminnot (taulukkoarvo)	0.6	28	215
B3-4 Korjaukset	0.6	31	242
B6 Sähkön käyttö	0.0	0	0
B6 Kaukolämmön käyttö	0.0	0	0
C1 Purkutyömaan toiminnot (taulukkoarvo)	0.2	8	62
C2 Kuljetus jatkokäsittelyyn (taulukkoarvo)	0.2	10	78
C3 Jätteenkäsittely ja loppusijoitus (taulukkoarvo)	0.3	16	121
D Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset	-7.5	-377	-2939
Hiihilajanjälki yhteensä	6.8	342	2667

VÄHÄHIILISYYS JA KOMPENSOINTI



Rakennesarjelmän optimoinnilla ja aurinkopaneeleilla pystyttiin saavuttamaan selkeä säästö rakennuksen hiilijalanjäljessä, jopa 30% alhaisempi hiilijalanjälki. Jos paikallinen lämpö olisi hiilineutraalisti tuotettu ympäri vuoden, hiilijalanjälki laskisi lähtötilanteeseen verrattuna jopa 62%.

Hiilikädenjälkeä pystyttiin kasvattamaan merkittävästi ja nettovaikutusta (hiilijalanjälki + hiilikädenjälki) tarkastellessa saavutettiin merkittävästi alhaisempi negatiivinen ilmastovaikutus lähtötilanteeseen verrattuna, jopa 72 % pienempi negatiivinen ilmastovaikutus. Mikäli paikallinen kaukolämpö on hiilineutraalisti tuotettu ympäri vuoden nettovaikutus parani jopa 104%. Tämä tarkoittaa että rakennus ei ole ainoastaan hiilineutraali, vaan jonkin verran myös hiiliposiitivinen (tai hiilinegatiivinen. Riippuu kummin päin ajattelee. Molempiin termeihin törmää).

Ilman hiilineutraalia aluelämpöä hiilineutraalia rakennusta ei kuitenkaan pystytä toteuttamaan pelkästään rakenneratkaisuja ja talotekniikkaa optimoimalla ja integroimalla aurinkopaneleja rakennukseen. Tällöin hiilineutraalisuus vaatii rakennuksen ulkopuolisia kompensointeja.

Kompensoitavaksi jäi lopulta 1 912 tCO₂e kun käytetään kansallisia kaukolämmön tuotannon päästökertoimia.

MITÄ TARKOITTAAN KOMPENSOINTI JA PALJONKO ON 1912 tCO₂e?

Kompensointi tarkoittaa käytännössä toimenpiteitä, joilla joko poistetaan hiilidioksidia ilmakehästä tai estetään sen syntyminen ja vapautuminen ilmakehään.

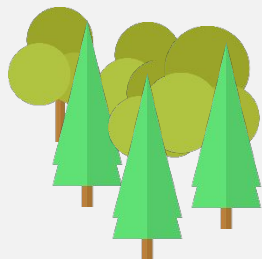
Kompensoitavia kohteita on useita kuten myös tahoja, jotka tarjoavat kompensointimenetelmiä.

Aikaisemmin esitettiin jo että kompensoinnin hinta vaihtelee, mutta liikkuu yleensä tasolla 15 – 40 €/ tCO₂e. Tämä tarkoittaa kustannusta väliltä 28 680 € ... 76 480 € kun kompensoitavana on 1 912 tCO₂e.

Paljonko on 1 912 tCO₂e? Seuraavassa esitetty suhteuttamalla esimerkkejä mistä syntyy tai mikä sitoo tämän verran CO₂e päästöjä.

Suomalainen metsä sitoo hiilidioksidia vuodessa keskimäärin 4,4 tonnia per hehtaari.

8,7 hehtaaria metsää sitoo 50 vuoden aikana 1 912 tCO₂ ilmakehästä.



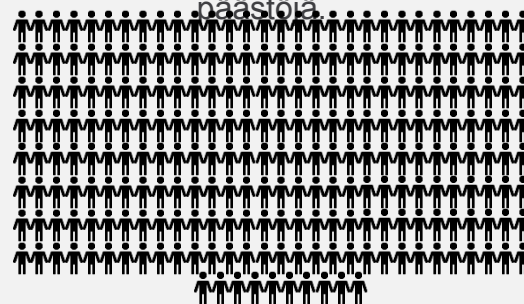
Sademetsä sitoo hiilidioksidia vuodessa keskimäärin 7 tonnia per hehtaari.

5,5 hehtaaria metsää sitoo 50 vuoden aikana 1 912 tCO₂ ilmakehästä.



Suomalainen aiheutti vuonna 2019 keskimäärin 7,72 tCO₂e päästöjä.

1 912 tCO₂e vastaa noin 250 suomalaisen vuoden päästöjä.



Keskimäärin globaalisti yksi ihminen aiheutti vuonna 2019 4,75 tCO₂e päästöjä.

Suomalaisten päästöt ovatkin lähes kaksinkertaiset keskimääräisen globaaliin päästövaikutukseen verrattuna.

Noin 400 henkilöä aiheuttaa vuodessa 1 912 tCO₂e päästövaikutuksen kun tarkastellaan globaalia keskiarvoa.

MITEN KOMPENSOIDA?

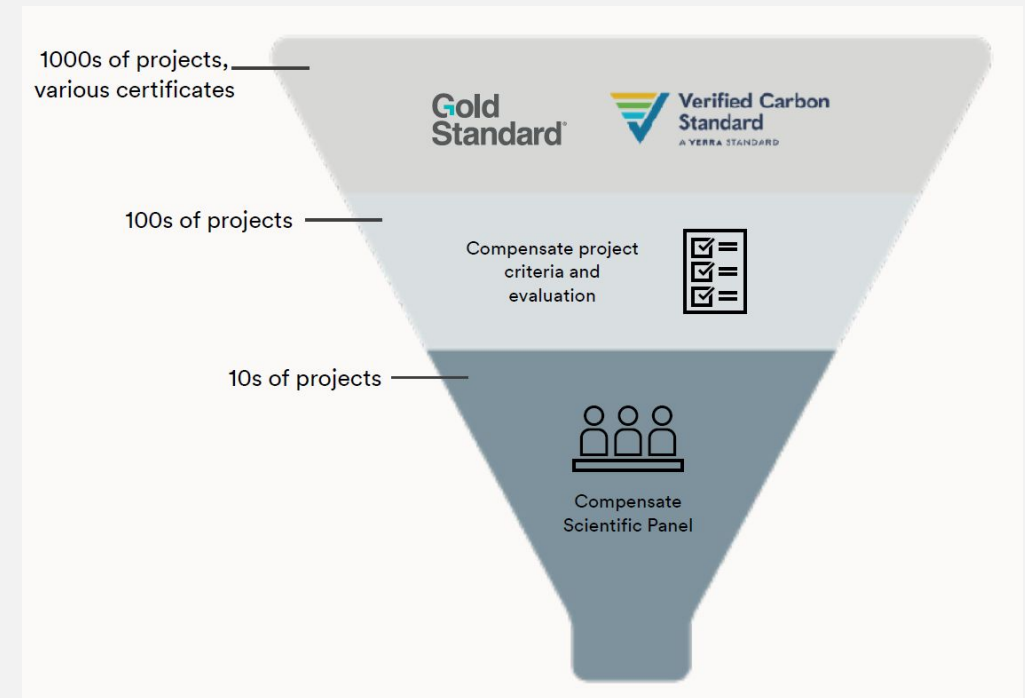
Metsien osto ei ole kompensointia eikä välttämättä edes edistä ilmastonmuutoksen hillintää. Olemassa olevien metsien omistajuuden siirto ei lisää hiilinielujä, joten sillä ei ole ilmakehästä hiiltä sitovaa vaikutusta.

Metsävarannon kasvattaminen eli metsittäminen lisää ilmakehästä hiiltä sitovaa vaikutusta.

Suomessa metsät lasketaan Suomen koknaishiilijalanjälkeen ja hiilikädenjälkeen, joka raportoidaan eteenpäin ja on osa globaalia päästölaskentaa. Kompensointi ei salli varantojen laskemista useaan kertaan.

Kestävän kompensoinnin takaamiseksi on kehitetty standardeja, kuten ”Gold Standard” ja ”Verified Carbon Standard”. Standardoinnin tarkoituksena on varmistaa todellinen ilmastovaikutus (hiilen sitominen ilmakehästä tai CO₂e päästöjen syntymisen estäminen), estää kaksoislaskenta, viherpesu ja muutoin kestävämmät hankkeet.

Energian tuotannon puolella vihreiden sertifikaattien (Green Certificates, Renewable Energy Certificates/RECS) järjestelmä on paljon käytetty mekanismi kompensoida omat energiankäytöstä aiheutuvat päästöt. Järjestelmän tarkoituksena on lisätä uusiutuvien energialähteiden käyttöä siellä, missä se on kustannustehokkainta ja poistaa sähkönsiirron tuomia rasitteita. Vihreät sertifikaatit tai uusiutuvan energian sertifikaatit ovat todistus siitä, että tietty määrä sähköä on tuotettu uusiutuvilla energialähteillä. Sertifikaattien määrä on yhtä suuri kuin tuotettu määrä sähköä – yhden megawattitunnin (1 000 kWh) tuotannosta saa yhden sertifikaatin.



Esimerkki kompensointia tarjoavan tahon projektiportfolion valintaprosessista. Compensate Foundation. www.compensate.com

RESEPTI HIILINEUTRAALIN UUDISRAKENNUKSEN TOTEUTUKSEEN



VÄHÄPÄÄSTÖISET RAKENNUSTUOTTEET

- Suosi rakennusmateriaaleja ja -tuotteita, joiden valmistus aiheuttaa vähän päästöjä
- Varmenna tuotteiden päästöt ympäristöselosteista (EPD)
- Puuperäisten tuotteiden käyttö kasvattaa rakennuksen hiilikädenjälkeä

ENERGIATEHOKAS TALOTEKNIikka

- Energian tarpeen minimointi vähentää tuotettavan energian tarvetta ja näin myös energian tuotannosta syntyviä CO₂e päästöjä

UUSIUTUVAN ENERGIAN HYÖDYNTÄMINEN

- Integroi rakennukseen uusiutuvan energian tuottojärjestelmiä soveltuvasti ja järkevästi
- Tarkista aurinkopaneelien valmistuksen aiheuttaman päästön suhde tuottoon ja "hiilen takaisinmaksuaika"

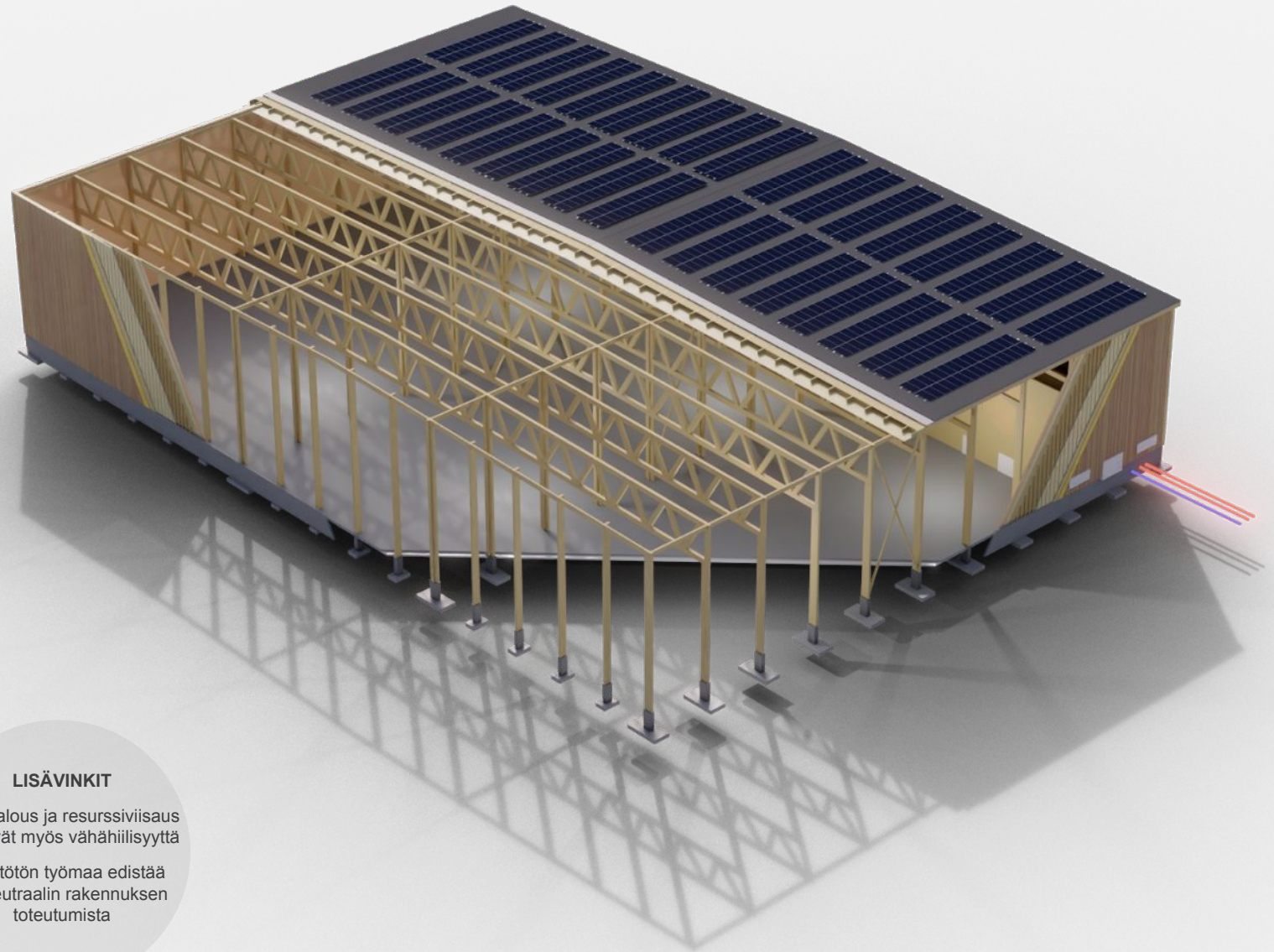
VÄHÄHIILINEN TAI JOPA HIILINEUTRAALI ALUE-ENERGIA

- Kierrätä ja hyötykäytä energiavirtoja viisaasti. Maksimoi ensin hyötykäyttö energiavirroista rakennuksen sisällä. Syötä jäljelle jäävä hukkaenergia alueen käyttöön.
- Kytkeydy älykkääseen energian kiertoon perustuvaan aluelämpöverkostoon
- Rakennukseen integroidut aurinkopaneelit tukevat osaltaan alueen uusiutuvaa sähkön tuotantoa, kun rakennuksen tarpeen ylittävä tuotto syötetään sähköverkkoon

KOMPENSOI JÄLJELLE JÄÄVÄ NETTOHIILIJALANJÄLKI

- Ohjaa hanketta priorisoimalla seuraavasti:
 1. Suosi ensisijaisesti toimenpiteitä, jotka alentavat hiilijalanjälkeä
 2. Kasvata valinnoilla hiilikädenjälkeä, kun mahdollista
 3. Kompensoi varmennetusti ja kestävästi jäljelle jäävä hiilijalanjälki

VARMENNA KAIKKI TEKEMINEN LASKENTAA HYÖDYNTÄEN



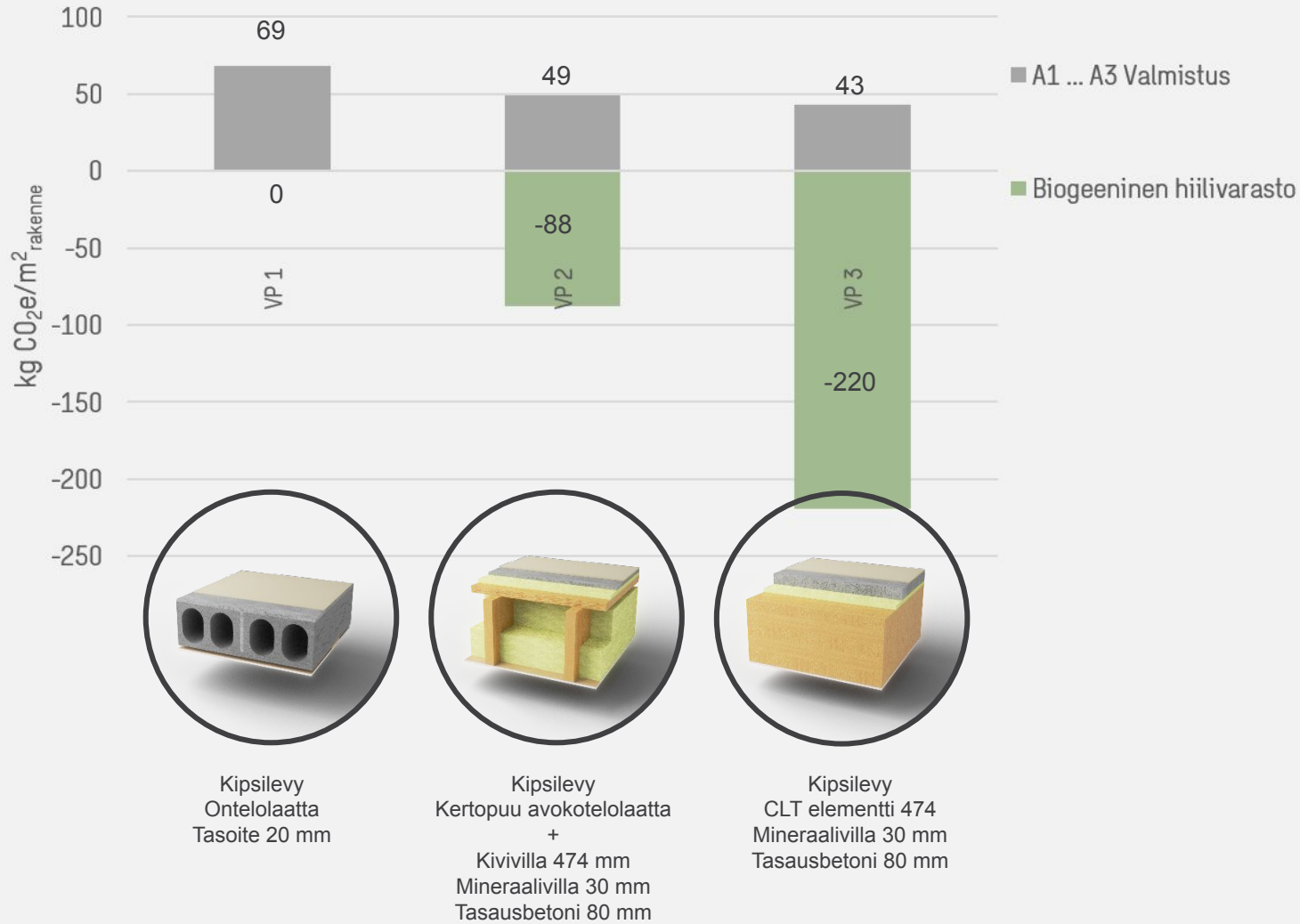
LISÄVINKIT

Kiertotalous ja resurssiviisuus edistävät myös vähähiilisyttä

Päästötön työmaa edistää hiilineutraalin rakennuksen toteutumista

RAKENNETYYPPIKOHTAISET CO₂e PÄÄSTÖVAIKUTUKSET

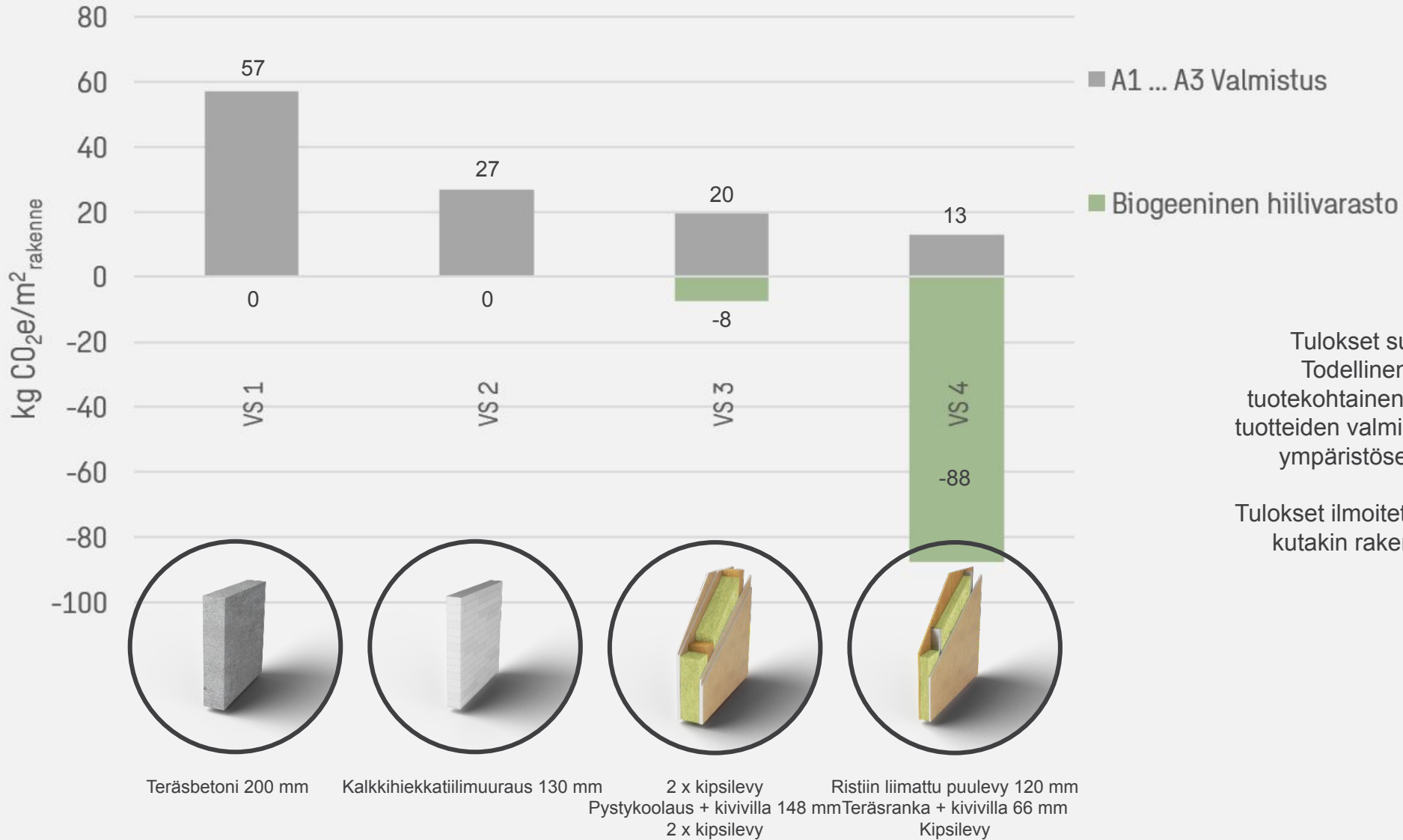
VÄLIPOHJARAKENTEET



Tulokset suuntaa-antavia.
 Todellinen CO₂e päästö
 tuotekohtainen. Tarkan tiedon saa
 tuotteiden valmistajien ja toimittajien
 ympäristöselosteista (EPD).

Tulokset ilmoitettu per välipohjaneliö
 kutakin rakennetyyppiä kohti.

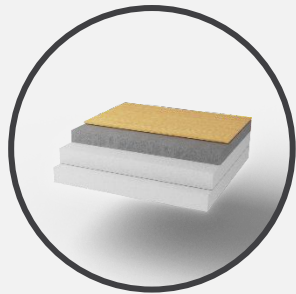
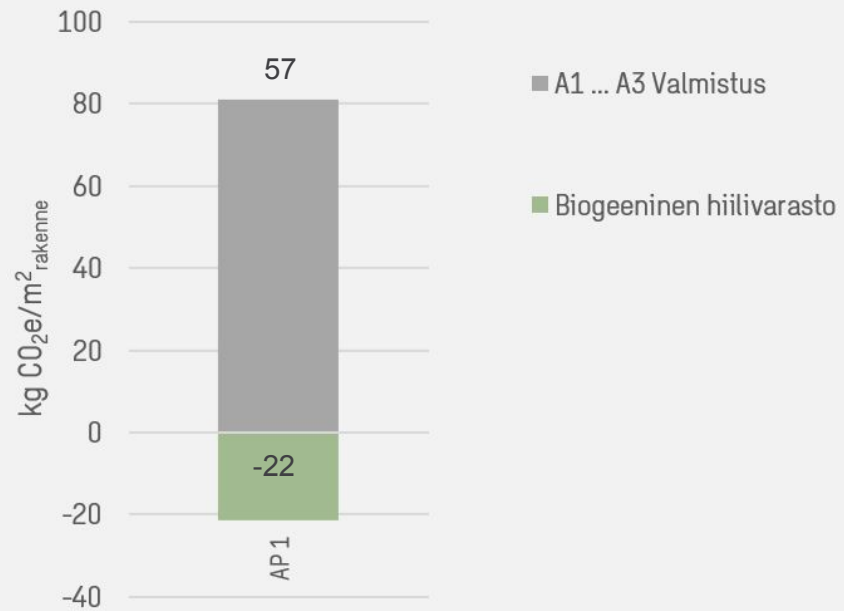
VÄLISEINÄRAKENTEET



Tulokset suuntaa-antavia.
 Todellinen CO₂e päästö
 tuotekohtainen. Tarkan tiedon saa
 tuotteiden valmistajien ja toimittajien
 ympäristöselosteista (EPD).

Tulokset ilmoitettu per väliseinäneliö
 kutakin rakennetyyppiä kohti.

ALAPOHJA

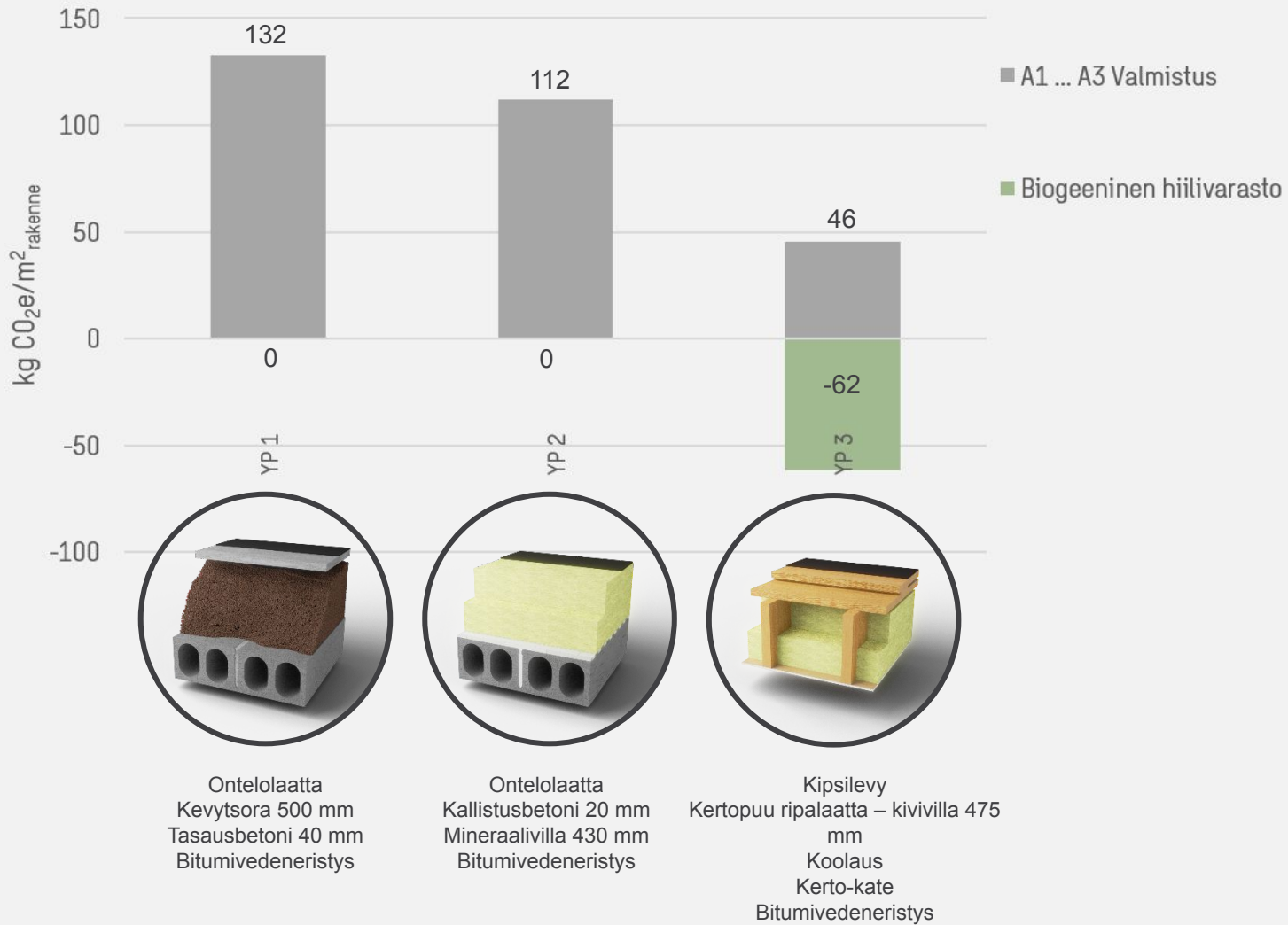


EPS eriste 200 mm
Betonilaatta 200 mm
Pintarakenteet puuta

Tulokset suuntaa-antavia.
Todellinen CO₂e päästö
tuotekohtainen. Tarkan tiedon saa
tuotteiden valmistajien ja toimittajien
ympäristöselosteista (EPD).

Tulokset ilmoitettu per alapohjaneliö
kutakin rakennetyyppiä kohti.

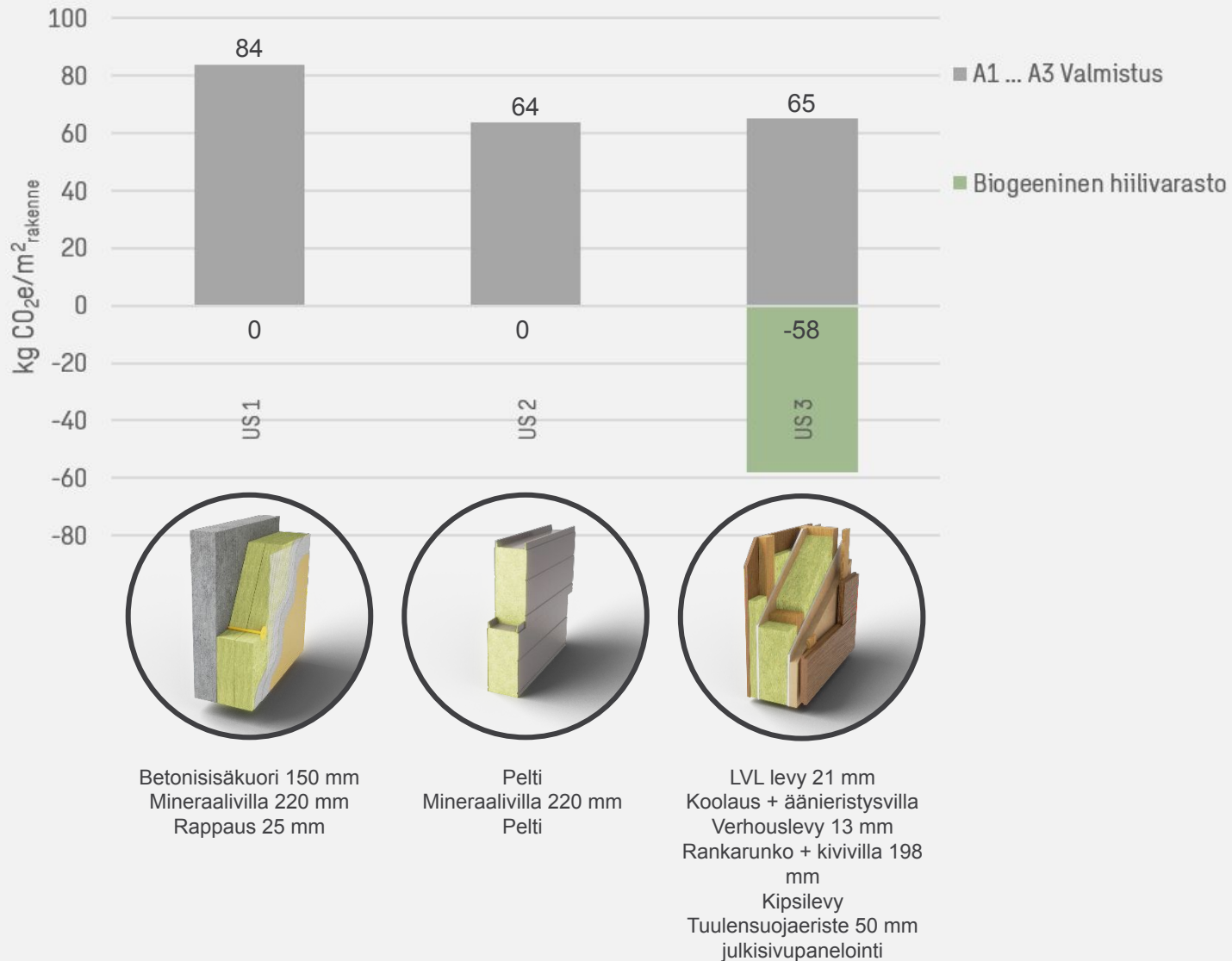
YLÄPOHJARAKENTEET



Tulokset suuntaa-antavia.
 Todellinen CO₂e päästö
 tuotekohtainen. Tarkan tiedon saa
 tuotteiden valmistajien ja toimittajien
 ympäristöselosteista (EPD).

Tulokset ilmoitettu per yläpohjaneliö
 kutakin rakennetyyppiä kohti.

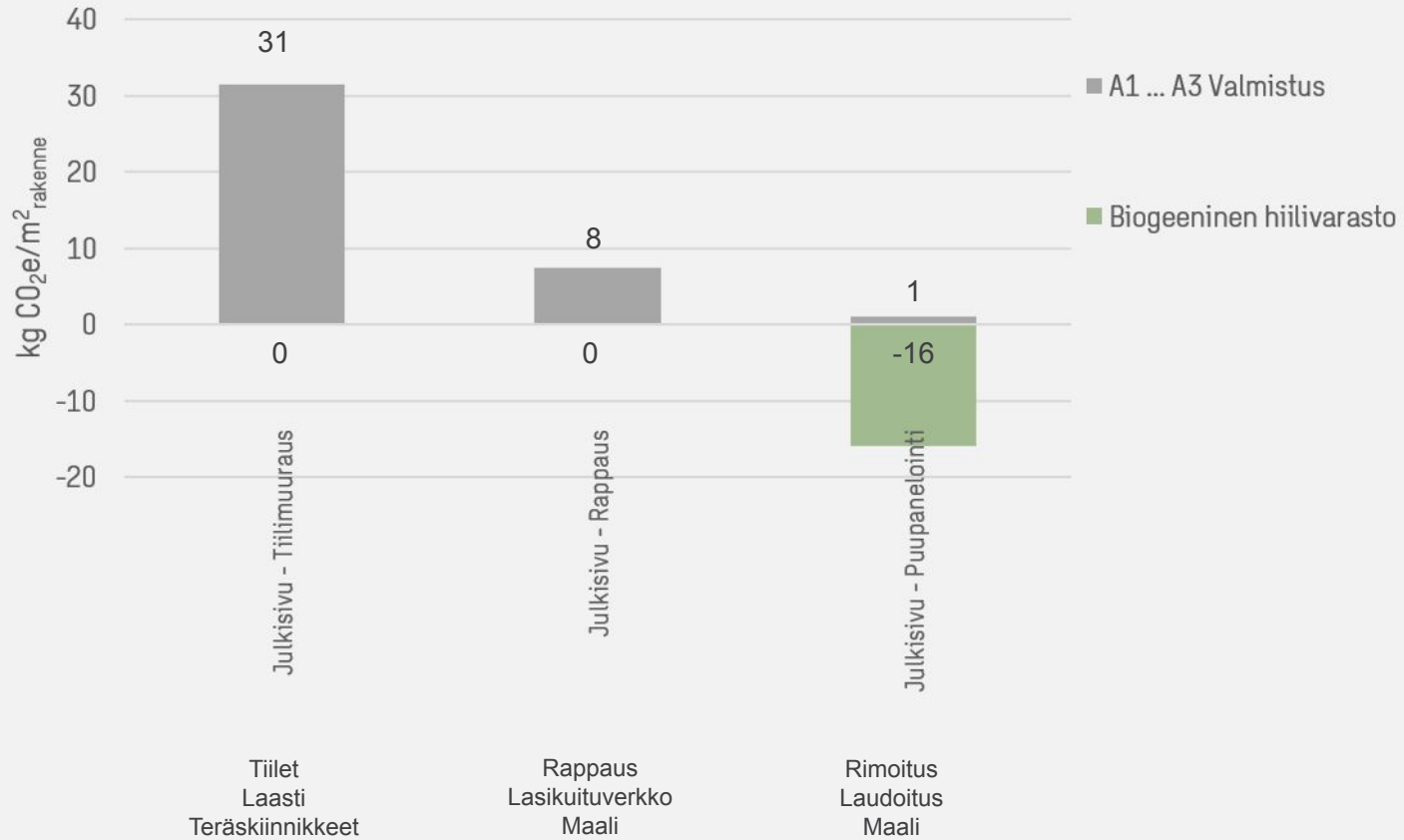
ULKOSEINÄRAKENTEET



Tulokset suuntaa-antavia.
 Todellinen CO₂e päästö
 tuotekohtainen. Tarkan tiedon saa
 tuotteiden valmistajien ja toimittajien
 ympäristöselosteista (EPD).

Tulokset ilmoitettu per ulkoseinäneliö
 kutakin rakennetyyppiä kohti.

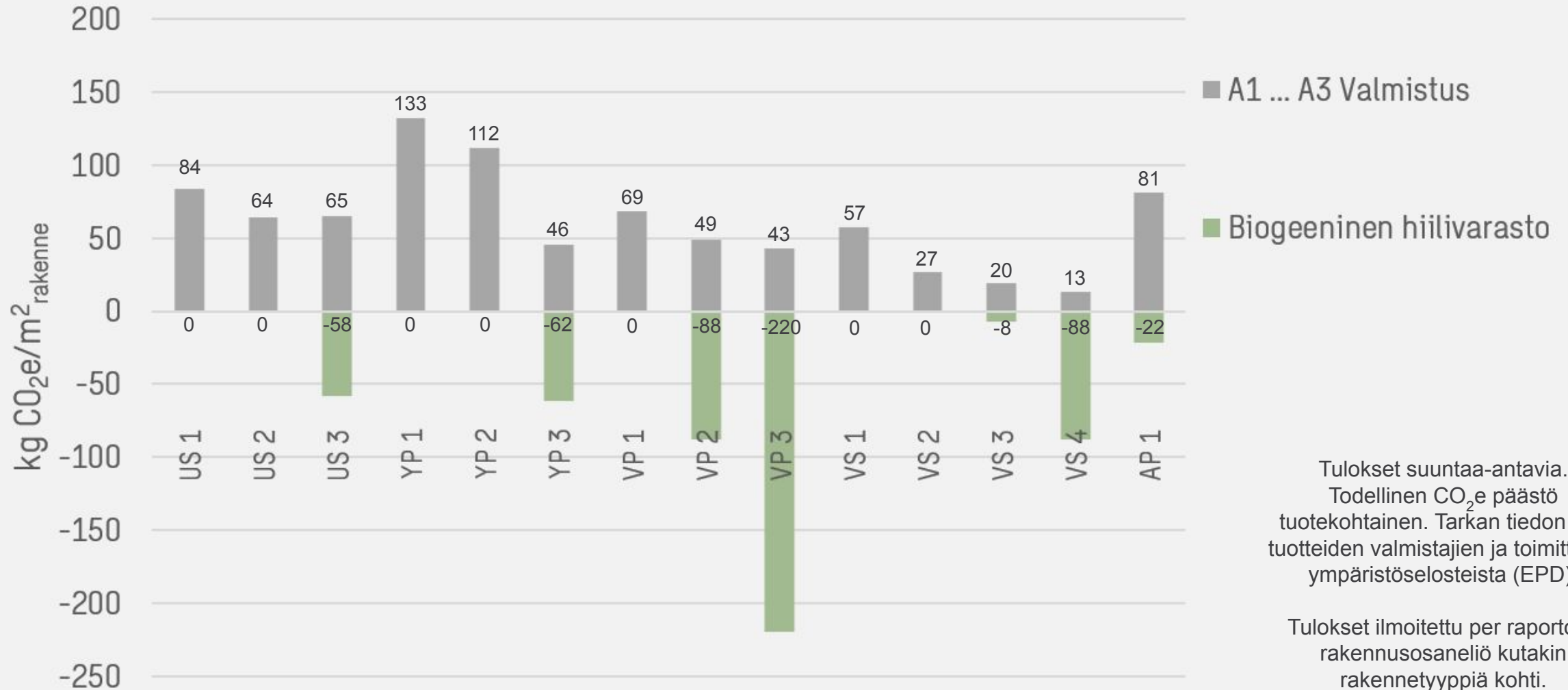
JULKISIVUT



Tulokset suuntaa-antavia.
Todellinen CO₂e päästö
tuotekohtainen. Tarkan tiedon saa
tuotteiden valmistajien ja toimittajien
ympäristöselosteista (EPD).

Tulokset ilmoitettu per julkisivuneliö
kutakin rakennetyyppiä kohti.

YHTEENVETO RAKENNETYYPPIEN CO₂e PÄÄSTÖVAIKUTUKSISTA



HIILINEUTRAALI URHEILUTALO

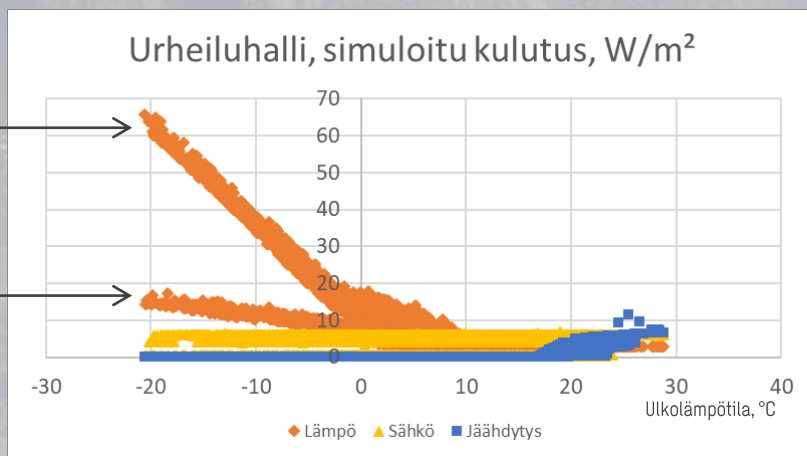
LOPPUPALAVERI 26.2.2020
ENERGIARATKAISUT

RAKENNUSTEN ENERGIA

Urheilutalo, simuloitu (käytetty E-luvun standardikäyttöä)

klo 8:00-22:00
Ilmanvaihto $2,0 \text{ dm}^3/(\text{s m}^2)$

Muina aikoina
Ilmanvaihto $0,15 \text{ dm}^3/(\text{s m}^2)$



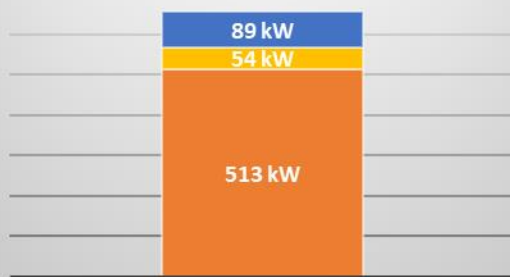
Urheiluhalli, vuosikulutus



URHEILUHALLI

■ Lämpö ■ Sähkö ■ Jäähdytys

Urheiluhalli, tehontarve

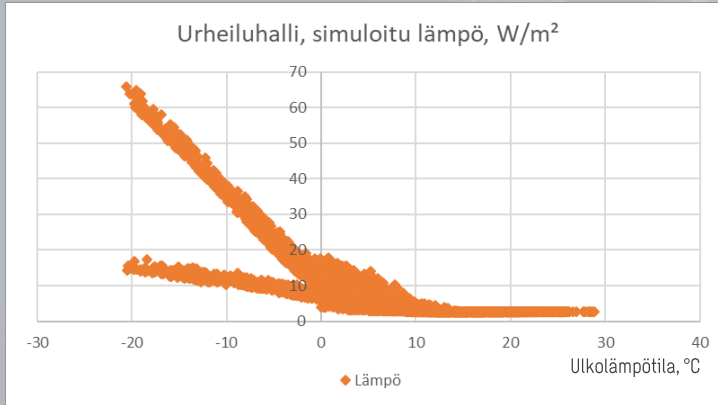


URHEILUHALLI

■ Lämpö ■ Sähkö ■ Jäähdytys

RAKENNUSTEN ENERGIA – LÄMMITYS

Urheilutalo, simuloitu



Kuvaajissa esitetyt tulokset sisältävät

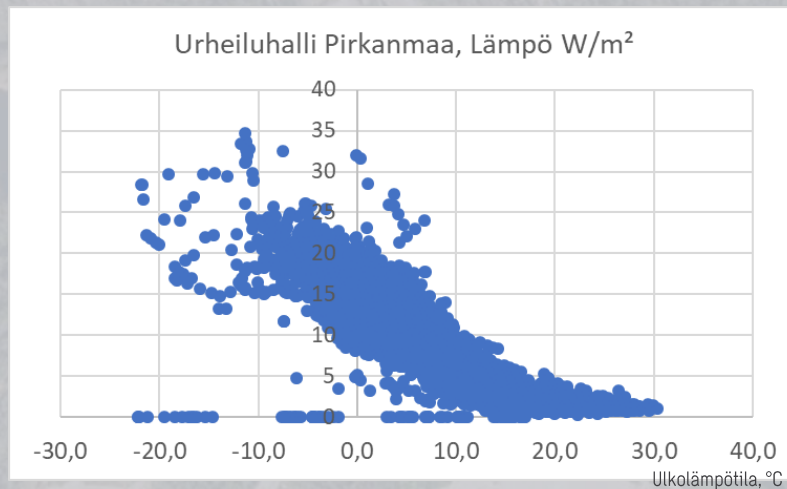
- tilojen lämmityksen
- ilmanvaihdon lämmityksen
- lämpimän käyttöveden lämmityksen

VS.

Urheiluhalli Pirkanmaa, mitatut kulutukset

Poikkeamia ei ole analysoitu. Poikkeamiin vaikuttaa joka tapauksessa seuraavat asiat:

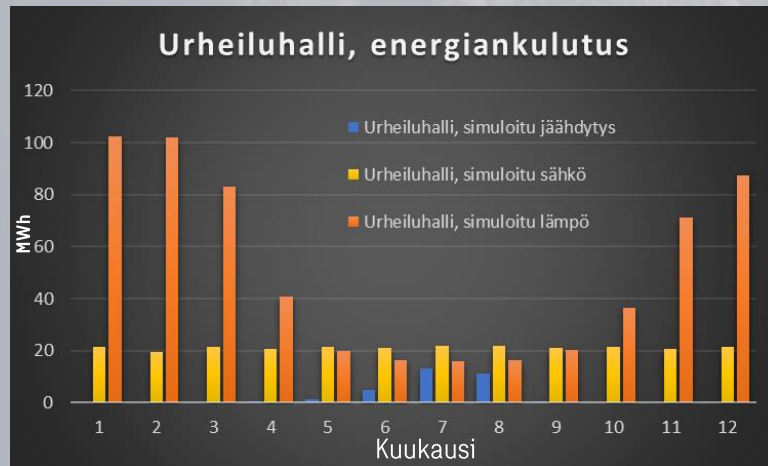
- Simulointi toteutettu E-luvun standardikäytöllä. Tavoite-energelaskelmia ei tehty
- Eri käyttöajat
- Eri ilmastointi ohjaus
- Eri säädata
- Eri keskimääräinen huonekorkeus. Nyt raportoitu W/m²



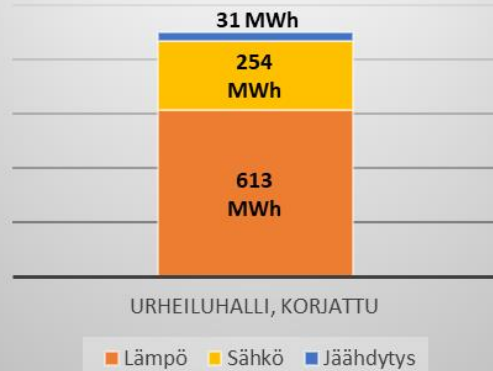
→ Laskennalliset tuntikulutuksia kannattaa aina verrata verrokkohteiden mitattuihin kulutuksiin, sillä lähtötiedoilla on merkittävä vaikutus laskennan tuloksiin.

RAKENNUSTEN ENERGIA – LÄMMITYS

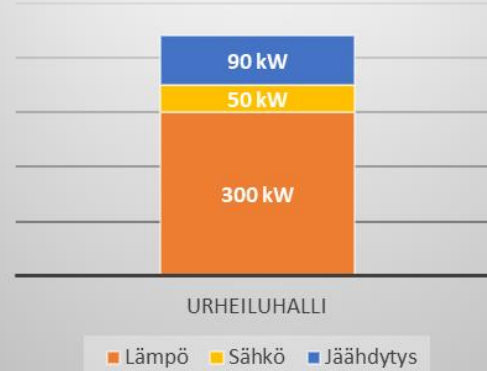
Urheilutalo, laskennassa käytettävät luvut



Urheiluhalli, vuosikulutus



Urheiluhalli, tehontarve



Simuloituja kulutuksia ja tehontarpeita korjattiin laskentaa varten vertailun perusteella (pienempi huippulämmitysteho ja suurempi jäädytystarve)

ENERGIAJÄRJESTELMÄ

Energiavarastotarkastelut:

- Sprinkleriallas (päivävarasto)
- Järvivesiallas (viikkoarasto)
- Säilölumi (jäähdytys)

Tarkasteltavat vaihtoehdot:

Urheiluhallin oma järjestelmä

A. Kaukolämpö + vedenjäähdytyskone

B. Kaukolämpö + ilmavesilämpöpumppu (jäähdytys & lämmitys)

Jäähalli & urheiluhallin alue-energiajärjestelmä

C. Aluelämpö & -jäähdytys

- Jäähallilauhteen talteenotto + loput kaukolämmöllä
- Jäähallin kylmäkoneilta jäähdytys urheiluhalliin

A: KL+VJK



B: KL+IVLP



C: Aluelämpö&-jäähdytys



ENERGIAJÄRJESTELMÄ

Tarkastelut:

Energiavarastovaihtoehdot:

- **sprinkleriallas (päivävarasto)**
- järvivesiallas (viikkovarasto)
- säilölumi (jäähdytys)

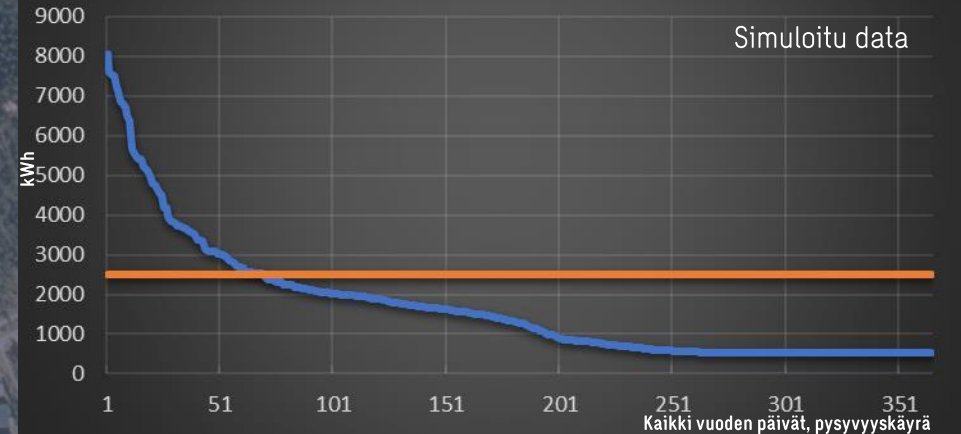
Sprinkleriallas 90m³
Sallittu lämpötilavaihtelu
+5°C - +30°C
>2500 kWh

→ Sprinkleriallas voi puskuroida merkittävän osan päiväkohtaisesta **lämmöntarpeesta** kylmimpinä vuorokausina ja noin 300 päivää vuodesta yli vuorokauden tarpeen.

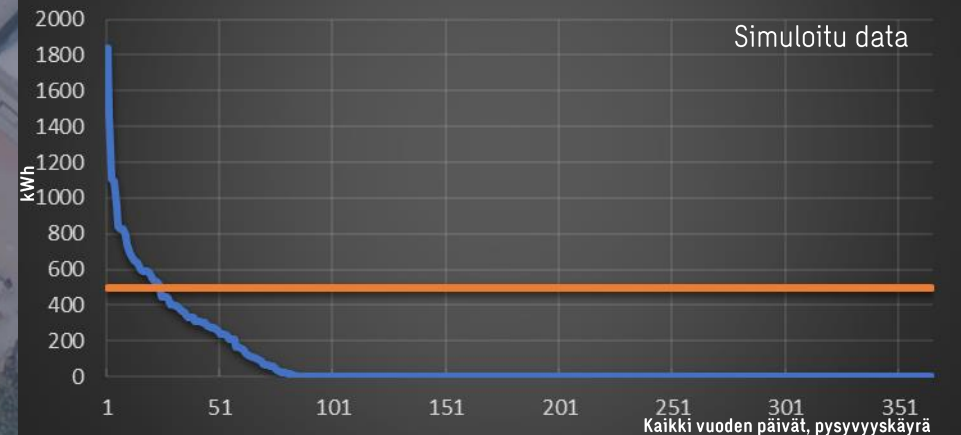
→ Vaikka sprinklerisäiliöön voi puskuroida vain neljänneksen kuumimman päivän jäähdytystarpeesta, tasaa se merkittävästi tarvittavaa jäähdytyksentuotantotehoa.

Sprinkleriallas 90m³
Jäähdytysvarastona
+5°C - +10°C
>500 kWh

Lämmön päiväkulutus ja sprinklerialtaan varauskyky



Jäähdytyksen päiväkulutus ja sprinklerialtaan varauskyky



ENERGIAJÄRJESTELMÄ

Tarkastelut:

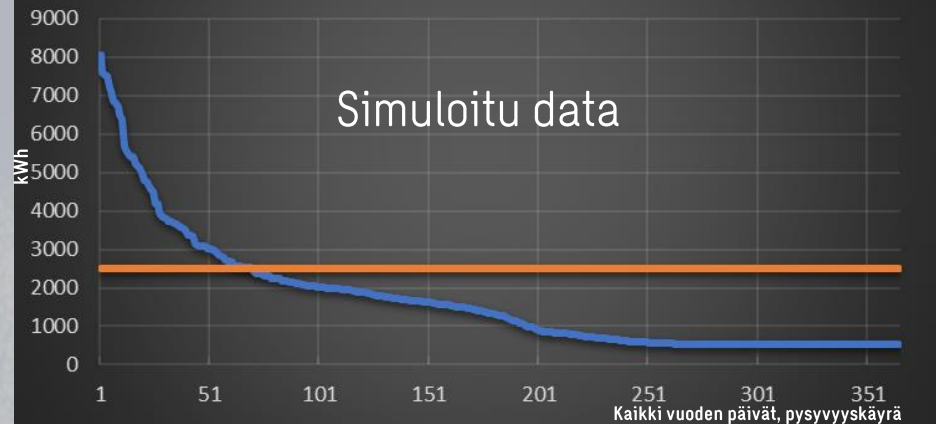
Energiavarastovaihtoehdot:

- **sprinkleriallas (päivävarasto)**
- järvivesiallas (viikkovarasto)
- säilölumi (jäähdytys)

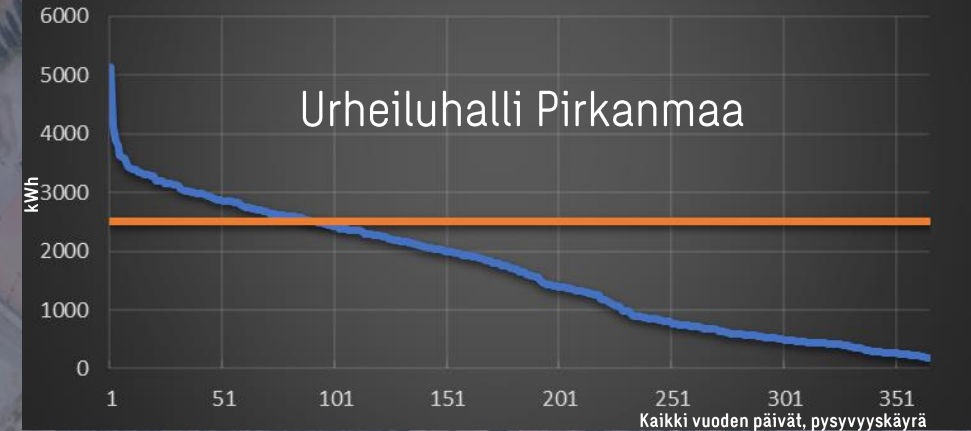
Sprinkleriallas 90m³
Sallittu lämpötilavaihtelu
+5°C - +30°C
>2500 kWh

→ Pieni tehontarve parantaa merkittävästi sprinklerisäiliön kykyä tasata päiväkohtaista energiantarvetta

Lämmön päiväkulutus ja
sprinklerialtaan varauskyky



Lämmön päiväkulutus ja
sprinklerialtaan varauskyky



ENERGIAJÄRJESTELMÄ

Tarkastelut:

Energiavarastovaihtoehdot:

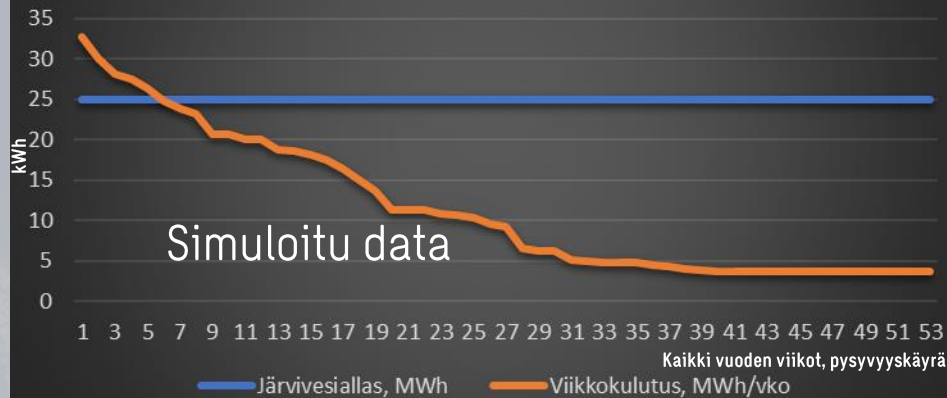
- sprinkleriallas (päivävarasto)
- **järvivesiallas (viikkovarasto)**
- säilölumi (jäähdytys)

järvivesiallas 900m³
Lämpötilavaihtelu
+5°C - +30°C
>25 MWh

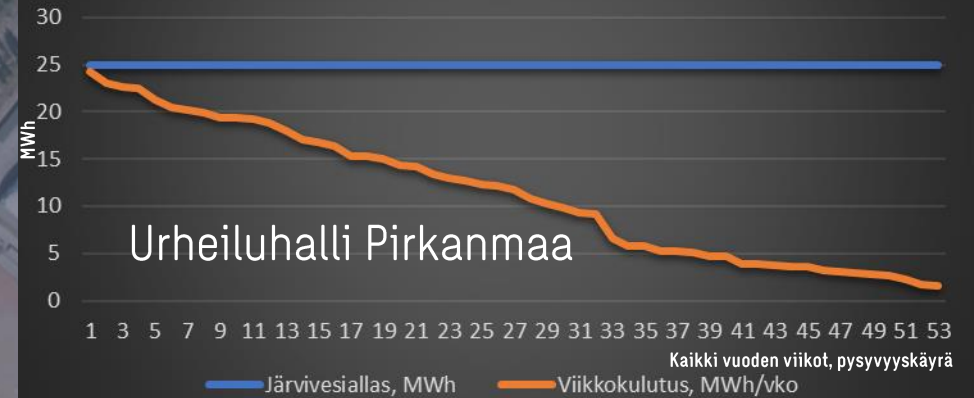
Järvivesialtaaseen pystyy varastoimaan ympäri vuoden viikon lämmitysenergian verran lämpöenergiaa. Allas kuitenkin hukkaa energiaa ympäristöön eristettynäkin, joten energian täytyy olla esimerkiksi ilmaista hukkalämpöä.

Järvivesiallasta voisi hyödyntää viikkovarastona, mikäli hukkalämpöjä syntyisi esimerkiksi kerran viikossa merkittäviä määriä tai satunnainen hetkellinen tehontarve olisi suuri.

Lämmön viikkokulutus 900m³ järvivesialtaan varauskyky



Lämmön viikkokulutus 900m³ järvivesialtaan varauskyky



ENERGIAJÄRJESTELMÄ

Tarkastelut:

Energiavarastovaihtoehdot:

- sprinkleriallas (päivävarasto)
- järvivesiallas (viikkovarasto)
- **säilölumi (jäähdytys)**

Säilölumi 600m³
sulamisenergia 55 kWh/m³
→ 33 MWh jäähdytys

600 m³ varastoitua lunta riittää urheiluhallin jäähdytykseen. Laskennassa huomioitu lumen sulaminen eli olosuhteen muutos lumesta nolla asteiseksi vedeksi.

Ei tarvetta erilliselle jäähdytyslaitteelle. Varaukseksi urheiluhalli voidaan kuitenkin liittää osaksi jäähallin kylmäkonetta, jolloin jäähdytys on mahdollista myös kun lunta ei ole käytettävissä.

2500 MWh/a jäähdytysenergia vastaisi → 50 000 m³ lunta.

HUOM! Jäähallin energiantarve jakautuu kuitenkin läpi vuoden.

600m³ lumivarasto jäähdyttää urheiluhallin kesän ajan



ENERGIAJÄRJESTELMÄ

Tarkasteltavat vaihtoehdot:

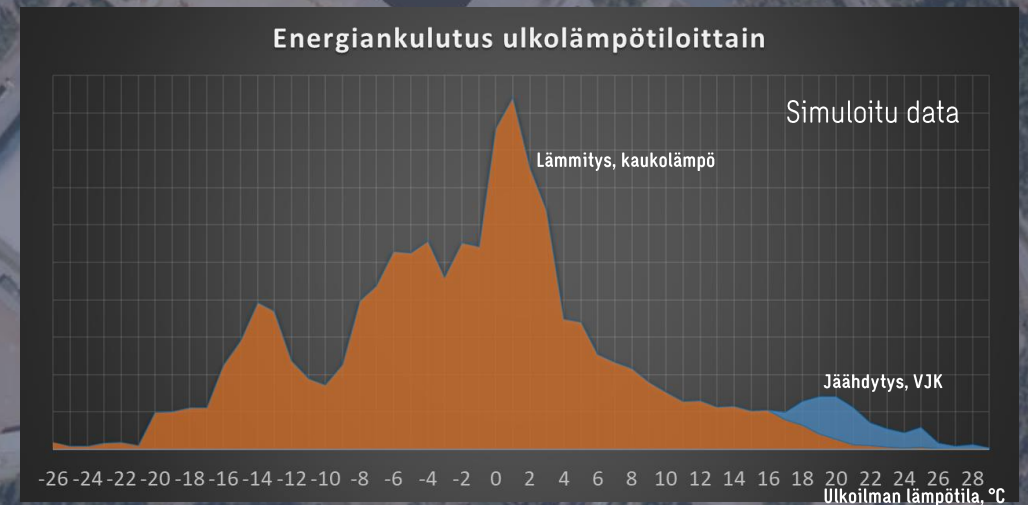
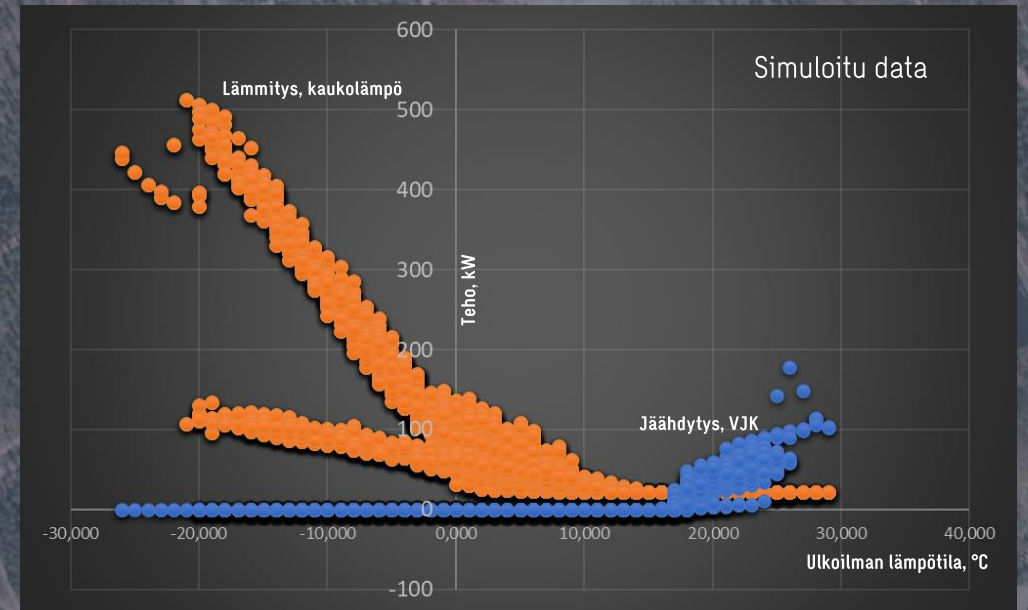
Urheiluhallin oma järjestelmä

A Kaukolämpö + vedenjäähdytyskone

A: KL+VJK



Perinteinen kiinteistökohtainen vedenjäähdytyskone kiinteistön jäähdytyksessä toimii vertailussa kaukolämmön kanssa niin sanottuna perusratkaisuna.



ENERGIAJÄRJESTELMÄ

Tarkasteltavat vaihtoehdot:

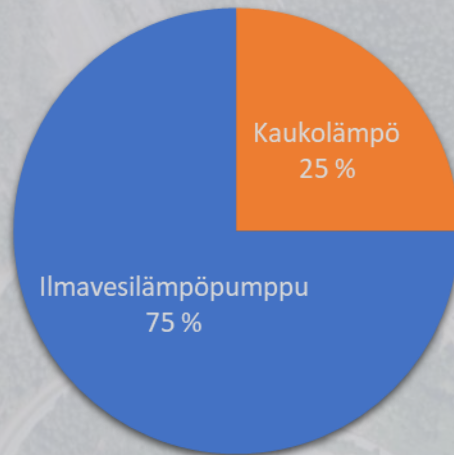
Urheiluhallin oma järjestelmä

B Kaukolämpö + ilmavesilämpöpumppu (jäähdytys & lämmitys)

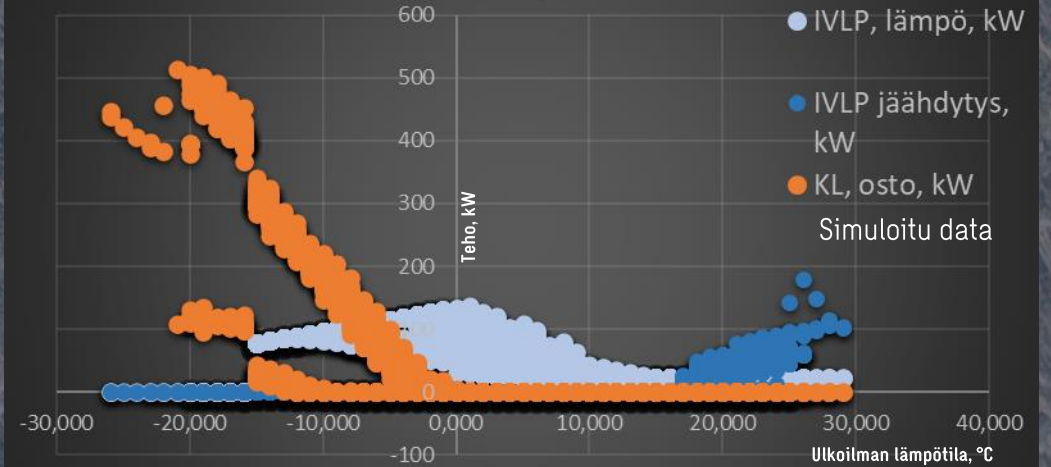
B: KL+IVLP



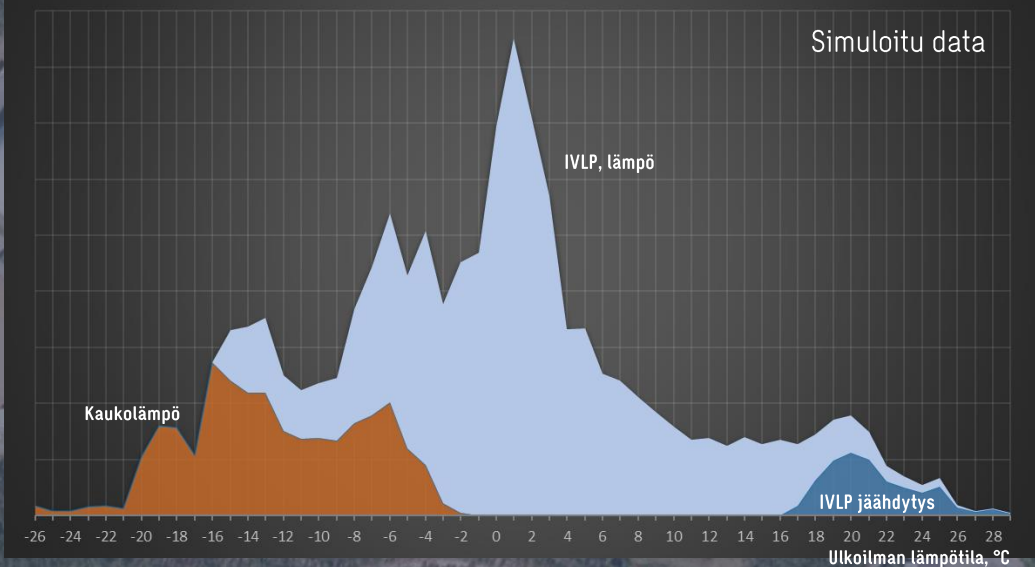
Ilmavesilämpöpumppu vähentää merkittävästi ostettavaa kaukolämpöenergiaa, muttei lainkaan tarvittavaa kaukolämpötehoa, sillä paukkupakkasilla pumppu ei tuota lämpöä.



Tuntitehot ulkolämpötilan funktiona



Energiankulutus ulkolämpötiloittain



ENERGIAJÄRJESTELMÄ

Tarkasteltavat vaihtoehdot:

Jäähalli & urheiluhallin alue-energiajärjestelmä

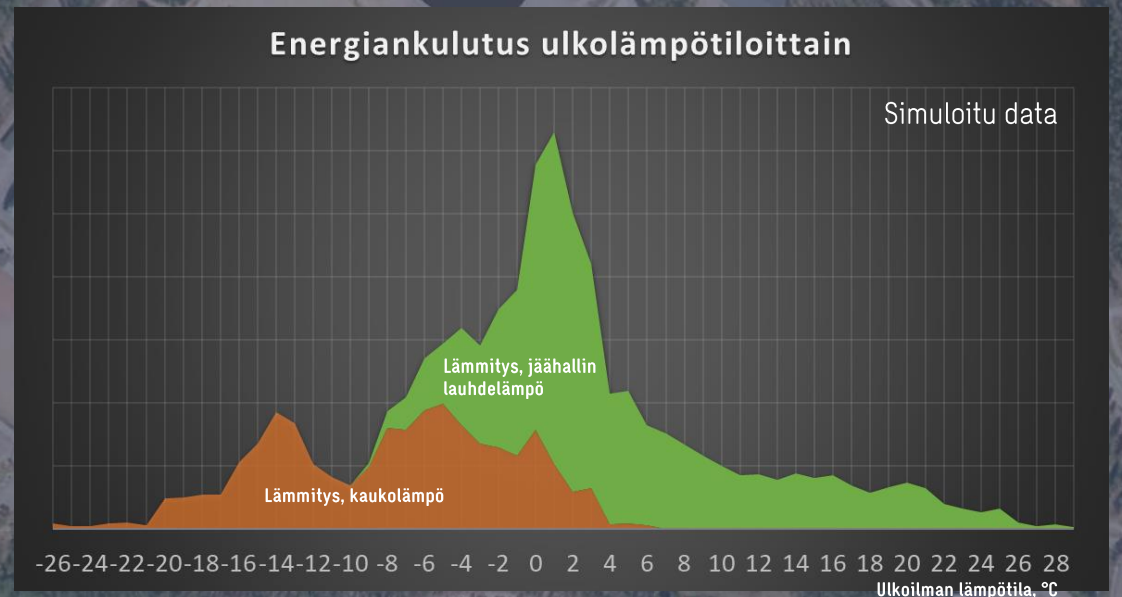
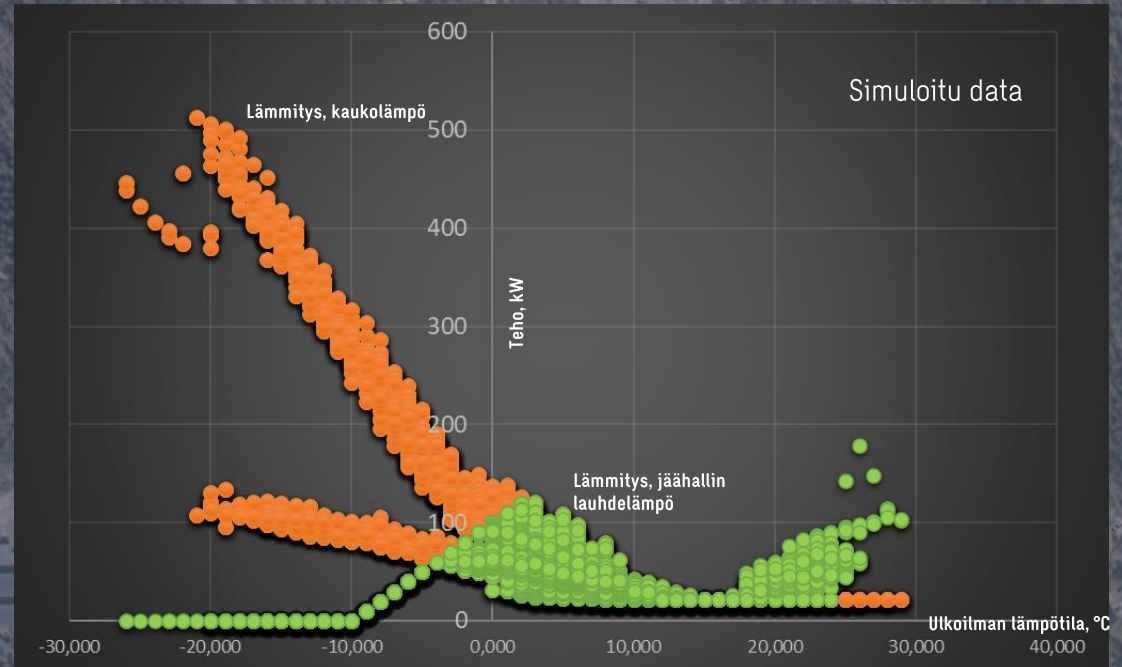
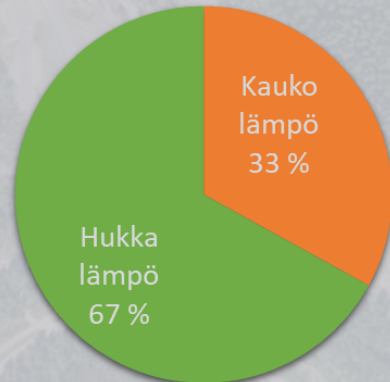
C. Aluelämpö & -jäähdytys

- Jäähallilauhteen talteenotto + loput kaukolämmöllä
- Jäähallin kylmäkoneilta jäähdytys urheiluhalliin

C: Aluelämpö&-jäähdytys



Jäähallin hukkalämmöllä voidaan kattaa 2/3 osaa urheiluhallin lämmitystarpeesta



ENERGIAJÄRJESTELMÄ

A: KL+VJK



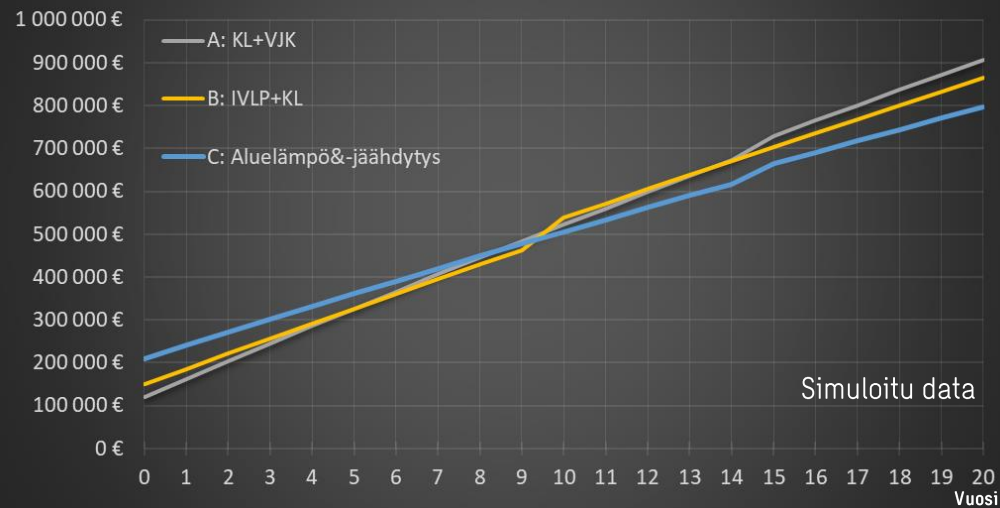
B: KL+IVLP



C: Aluelämpö-&-jäähdytys

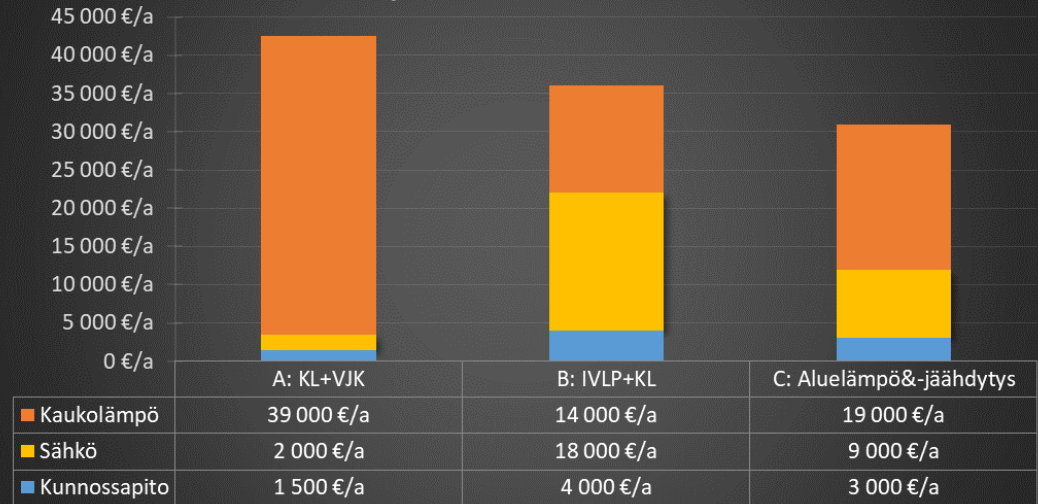


Elinkaarikustannukset



Käyttökustannukset

Simuloitu data



Investointikustannukset



ENERGIAJÄRJESTELMÄ

Tarkasteltavat vaihtoehdot referenssihallin kulutuksilla:

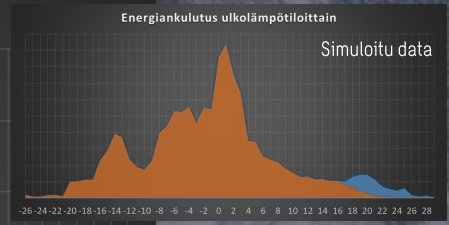
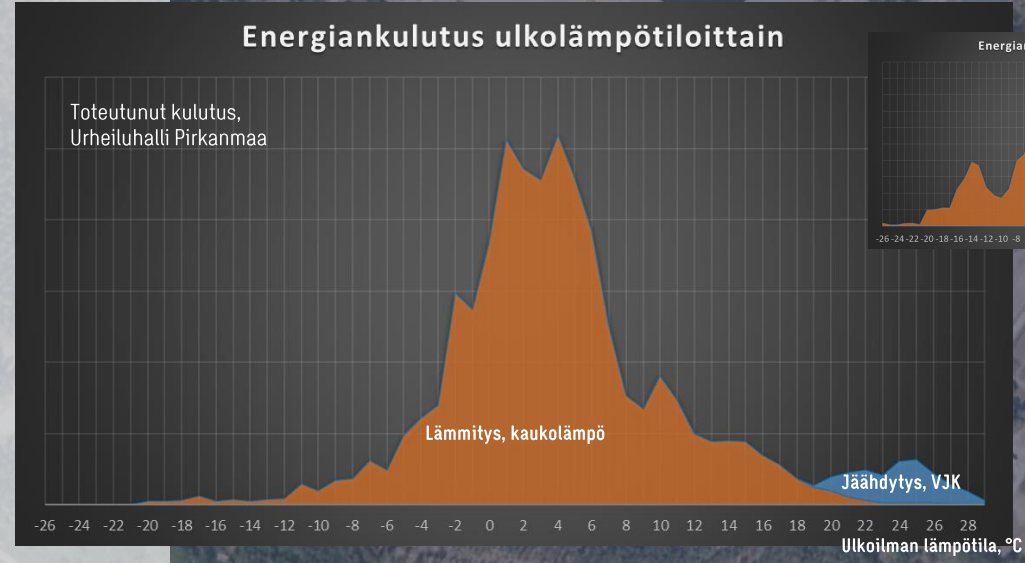
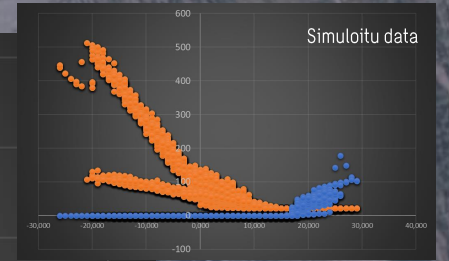
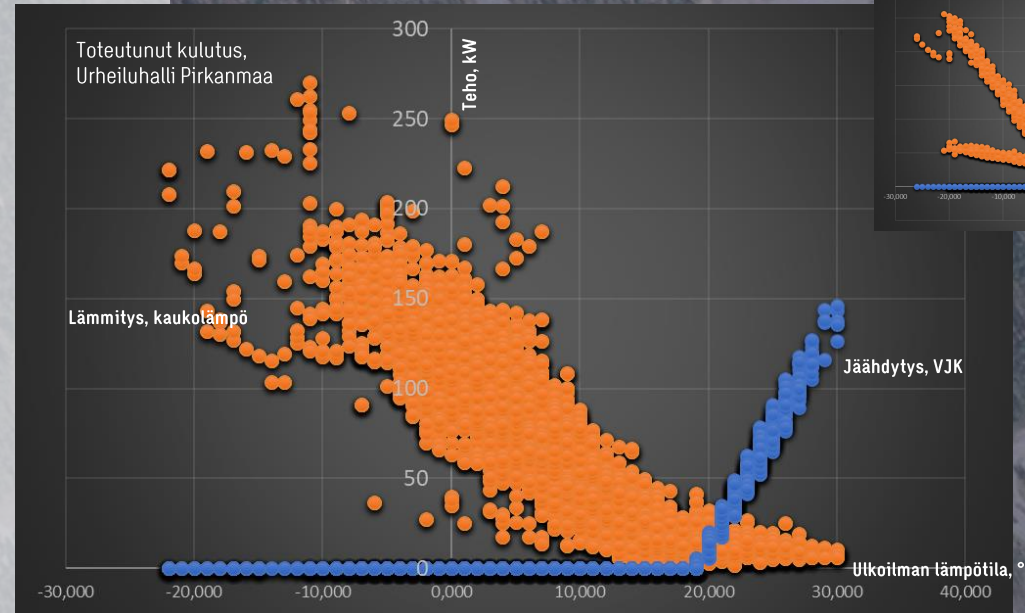
Urheiluhallin oma järjestelmä

A Kaukolämpö + vedenjäähdytyskone

A: KL+VJK



Perusvaihtoehto referenssiokohteen mitatuilla kulutuksilla (simuloitu ylänurkassa)



ENERGIAJÄRJESTELMÄ

Tarkasteltavat vaihtoehdot referenssihallin kulutuksilla:

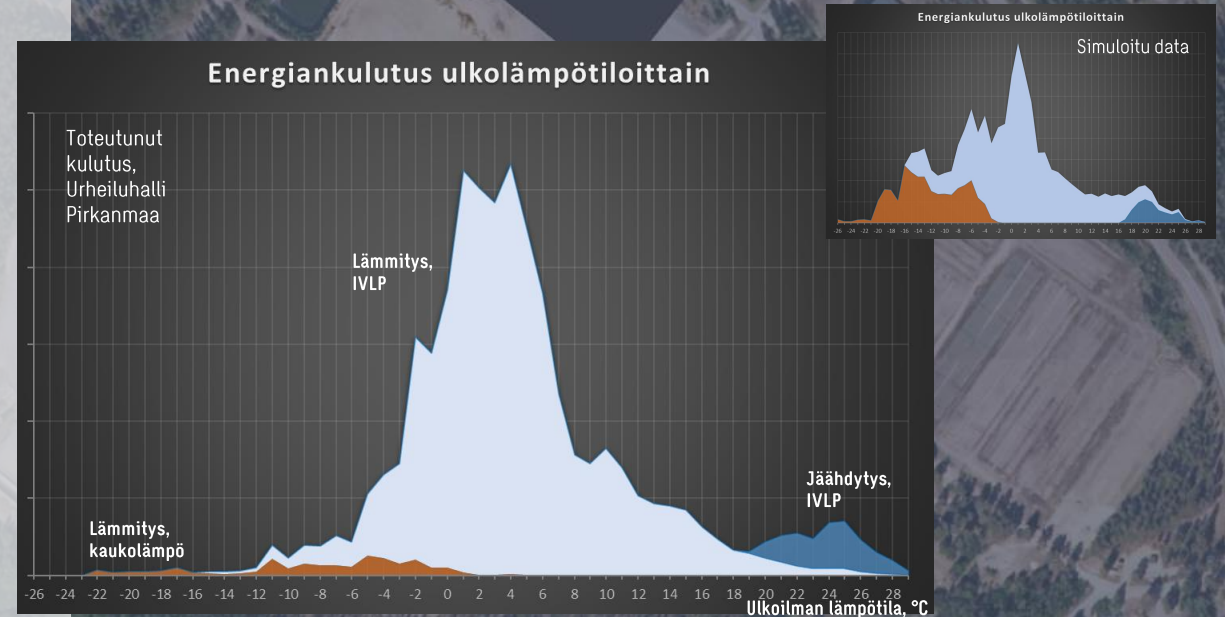
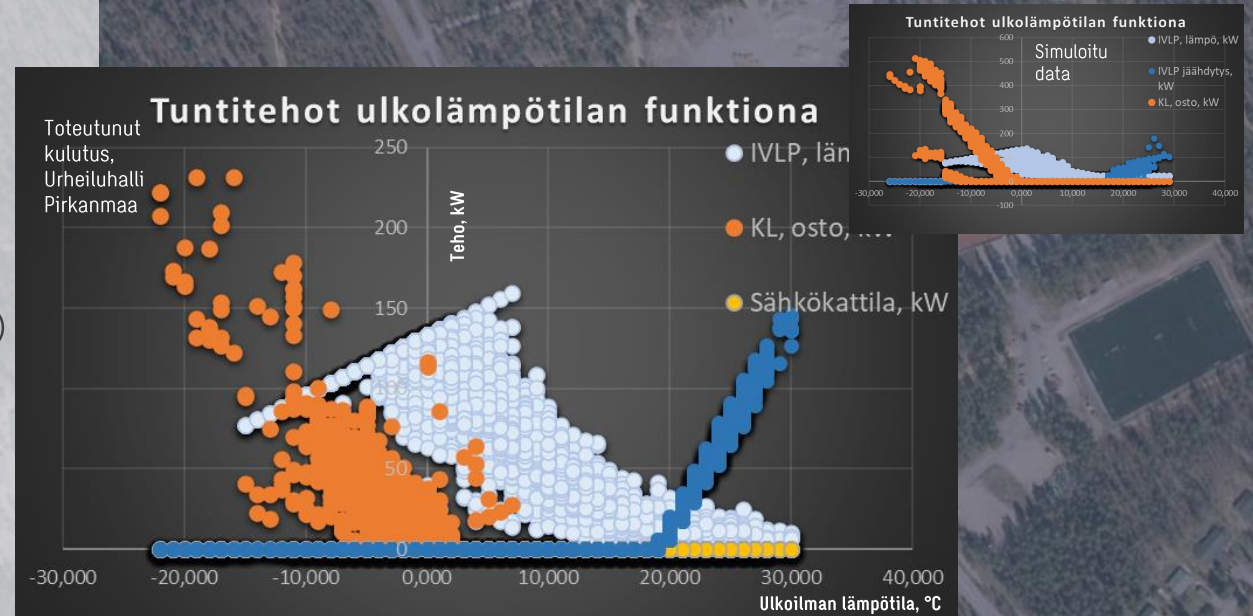
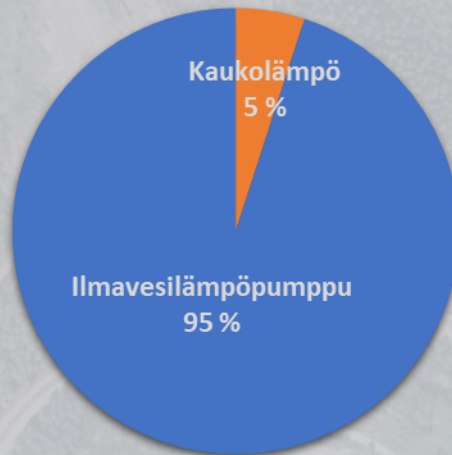
Urheiluhallin oma järjestelmä

B Kaukolämpö + ilmavesilämpöpumppu (jäähdytys & lämmitys)

B: KL+IVLP



Toteutetun kohteen mittausdatalla laskettuna ilmavesilämpöpumppu kykenee tuottamaan 95% lämmitysenergiasta simulointitapauksen 75%:n verrattuna.



ENERGIAJÄRJESTELMÄ

Tarkasteltavat vaihtoehdot referenssihallin kulutuksilla:

Jäähalli & urheiluhallin alue-energiajärjestelmä

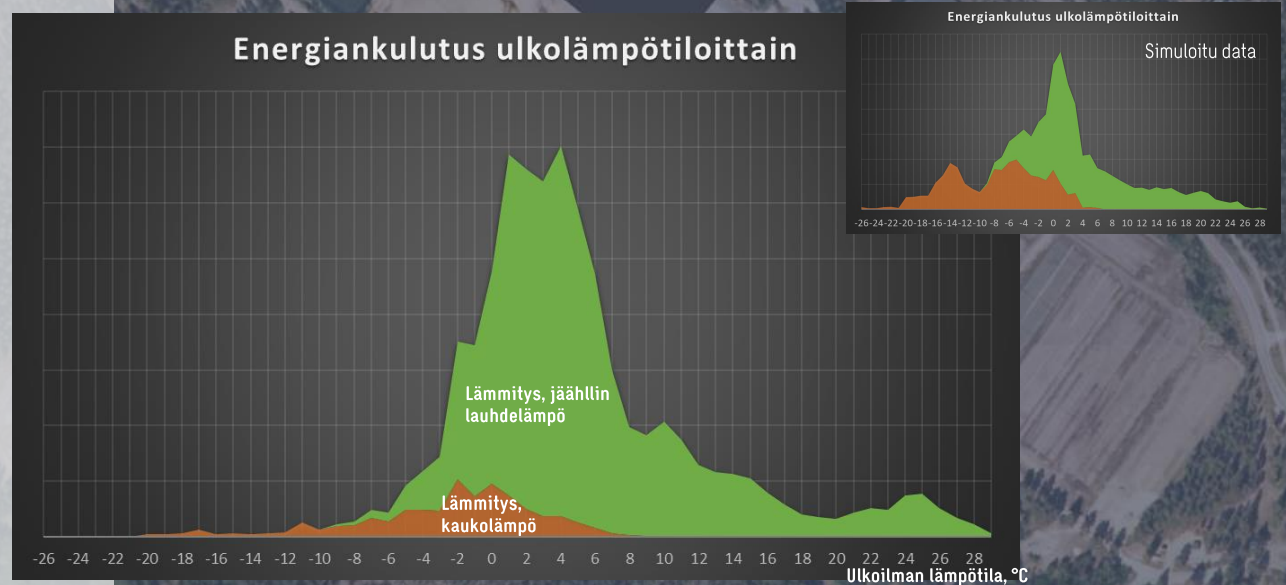
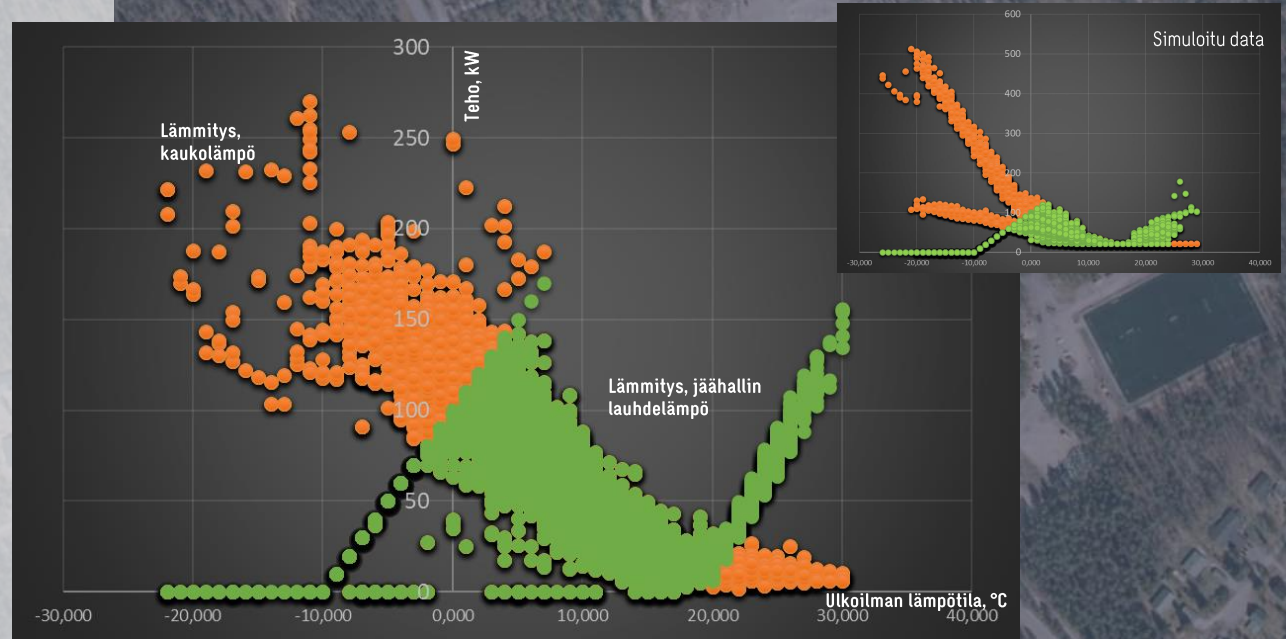
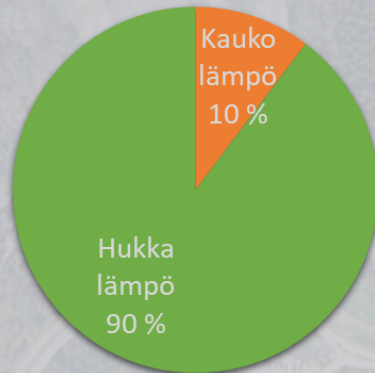
C. Aluelämpö & -jäähdytys

- Jäähallilauhteen talteenotto + loput kaukolämmöllä
- Jäähallin kylmäkoneilta jäähdytys urheiluhalliin

C: Aluelämpö&-jäähdytys



Toteutetun kohteen mittausdatalla laskettuna hukkalämpö kattaa 90% lämmitysenergiasta simulointitapauksen 2/3 osaan verrattuna.



ENERGIAJÄRJESTELMÄ

referenssihallin
kulutuksilla

A: KL+VJK



B: KL+IVLP

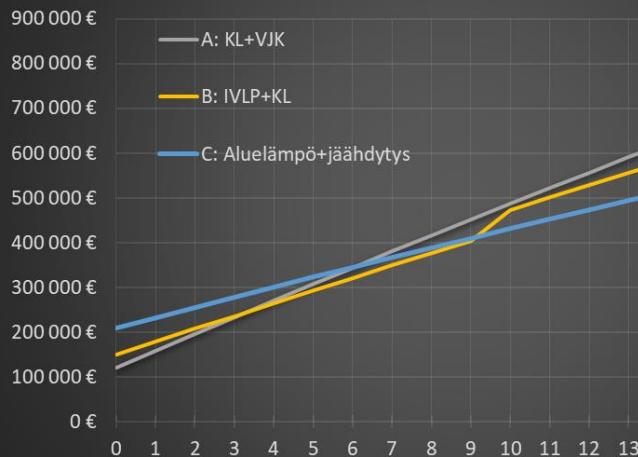


C: Aluelämpö-&-jäähdytys

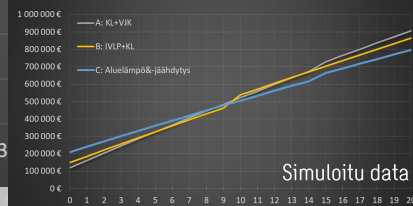


Elinkaarikustannukset

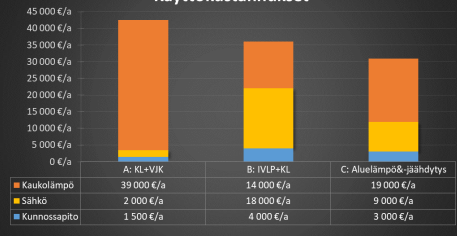
Toteutunut kulutus,
Urheiluhalli Pirkanmaa



Elinkaarikustannukset

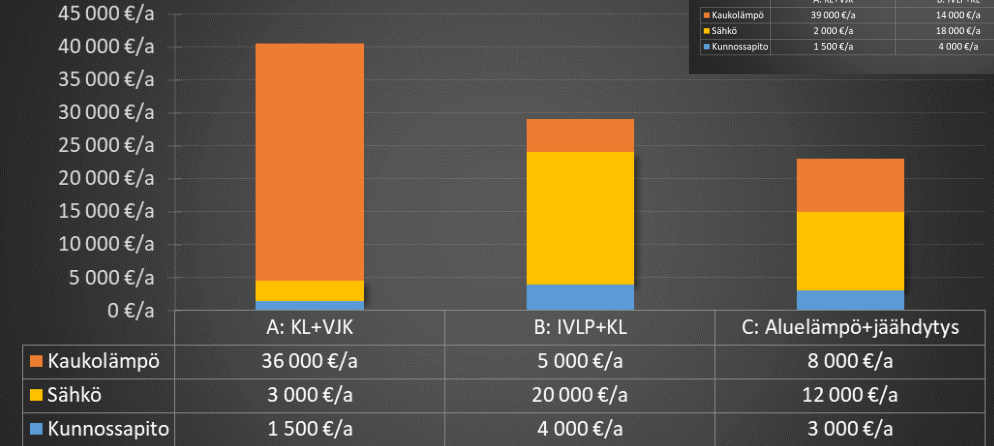


Käyttökustannukset



Toteutunut energiankulutus,
Urheiluhalli Pirkanmaa

Käyttökustannukset



Investointikustannukset



ENERGIAJÄRJESTELMÄ

1. Jäähallin lauhdelämpöjen tarkempi tarkastelu tarpeen.
→ Ylijäävän hukkalämmön määrä ja ajoitus.

2. Urheiluhallin suunnittelun edetessä perusteellisesti tehty tavoite-energialaskelma ohjaamaan suunnittelua tuottaa luotettavan laskentaperustan lopullisen energiasuunnitelman tarkasteluun.

- Energiasimulointi ohjaamaan suunnittelua
 - Optimoitu energiatehokas talotekniikka ja lämmöneristyksen tasot
 - Soveltuvan energiantuotantojärjestelmän valinta.

3. Erityisesti jäähdytyksen osalta urheiluhallin **sprinkleriallas** on potentiaalinen jäähdytystuotantotehon tasaaja. Sprinkleriallas voi mahdollisesti pienentää jäähdytysjärjestelmään tarvittavaa laiteinvestointia.



HIILINEUTRAALI URHEILUTALO

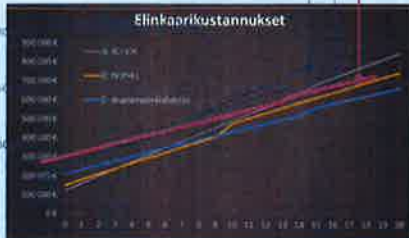


ALUE-ENERGIARATKAISU PERUSTUU JÄRKEVÄÄN PRIORISOINTIIN

1. Alueen energialavintojen kierrättäminen
2. Alueellisten uusiutuvien energialähteiden hyödyntäminen
3. Kuormilushuippujen lukeminen paikallisella kaukolämmöllä ja sähköntuotannolla

ELINKAARIKUSTANNUSTARKASTELUN PERUSTEELLA ALUE-ENERGIARATKAISU ON KANNATTAVIN

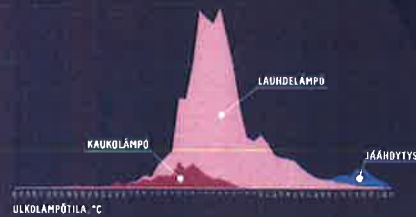
1. Alue-energiaratkaisu + kaukolämpö
2. Ilma-vesi lämpöpumppu + kaukolämpö
3. Kaukolämpö + vedenjäähdytyskone



MAHDOLLISUUDET ÄLYKKÄÄSEEN ENERGIAN KIERRÄTYKSEEN, VARASTOINTIIN JA UUSIUTUVAN ENERGIAN TUOTANTOON

- ENERGIAN KÄYTTÖ**
 1. Uusi urheilutalo
 2. Jäähalli
 3. Ukkonniemi-areena
- ENERGIAN TUOTANTO**
 4. Kaukolämpökeskus
 5. Uusiutuva energia - aurinkopaneelit
 6. Uusiutuva energia - tuuli
 7. Uusiutuva energia - aurinkokeräimet
- ENERGIAN VARASTOINTI**
 8. Lumen kausivarasto
 9. Vesiallas

LÄMMITYS- JA JÄÄHDYTYSENERGIAN JAKAUTUMINEN URHEILUTALOSSA



LÄMMITYS

Lämmitys voidaan toteuttaa pääosin viereisen urheiluhallin lauhdelämpöä hyödyntäen. Kovilla pakkasilla lauhdelämpöä ei välttämättä ole saatavilla riittävästi. Tällöin urheilutalo voidaan lämmitellä esimerkiksi paikallisella kaukolämmöllä.



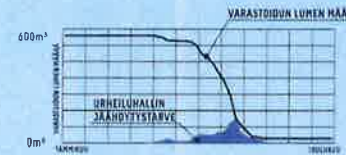
LAUHDELÄMMÖN JA KAUKOLÄMMÖN KULUTUKSEN SUHDE RIIPPUU SEURAAVISTA ASIOISTA

- Saatavilla oleva lauhdelämmön määrä
- Urheilutalon energiatehokkuus
- Vuodesta toiseen vaihteleva ulkoilman lämpötila



JÄÄHDYTYS

Urheilutalon jäähdytys voidaan toteuttaa hyödyntäen jäähallin kylmäkoneita. Ympäristöistä varastoitua lunta voidaan hyödyntää myös jäähdytysenergian lähteenä. Noin 600 m³ varastoitua lunta riittää urheiluhallin vuotuisen jäähdytystarpeen kattamiseen.



SÄHKÖ

Urheiluhallin kalolle on mahdollista asentaa suuri määrä aurinkosähköpaneeleita. Alueella on tilaa toteuttaa myös laajempi aurinkosähkövoimala. Aurinkosähköä on mahdollista tuottaa enemmän kuin urheiluhallin vuotuinen sähköenergian tarve on. Aurinkosähkön tuottaminen ja myyminen verkkoon edistää sähkönkäytön vähäilistymistä myös laajemmin.



Alue-energiaratkaisu on luotettava ratkaisu. SWECO on osa Imatran Bioenergia Oy:n konsernia. Edustamme Imatran Bioenergia Oy:n kaikkia palveluita ja tuotteita.

