

## Kupittaaan liikunta-alueen energiasimulointi ja elinkaarilaskenta

Päiväys	25.08.2020
Projekti	Kupittaaan liikunta-alueen energiasimulointi ja elinkaarilaskenta
Osoite	Kupittaa 20520 Turku

**6Aika**

**Vipuvoimaa**  
EU:lta  
2014–2020



Uudenmaan liitto  
Nylands förbund



Energiaviisaat  
KAUPUNGIT



**TURKU**

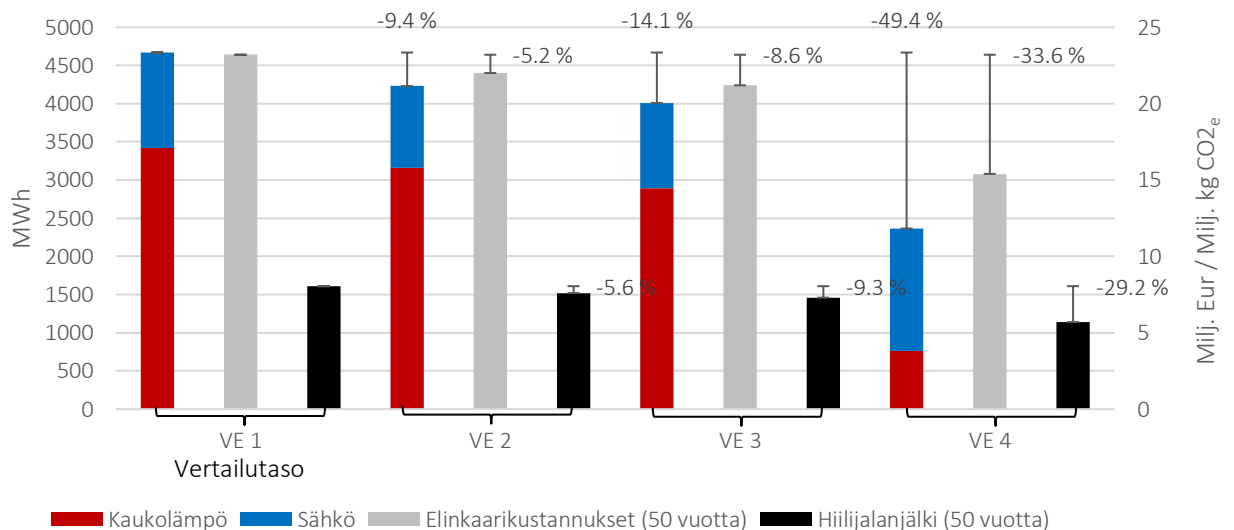
25.8.2020

## Tiivistelmä

Turun kaupungilla on tavoitteena parantaa kiinteistöjensä energiatehokkuutta ja pienentää niiden hiilijalanjälkeä. Tässä hankkeessa tutkittiin Kupittaaan liikunta-alueen urheiluhallin, maaumalan, luistelumadon ja lämmitetyn jalkapallokentän energiaprofiileja ja nykyistä tekniikkaa sekä määritettiin, miten alueen energiankulutukseen liittyviä kustannuksia ja hiilijalanjälkeä voitaisiin pienentää. Alueelta tunnistettiin hukkaenergiavirtoja, joita voitaisiin hyödyntää suoraan tai lämpöpumppujen avulla. Urheiluhallin ja maaumalan peruskorjausten tunnistettiin olevan hyviä tilanteita uusien energiatehokkuutta parantavien järjestelmien investoimiselle. Eri kulutuskohteiden energia-profiilien tunnistettiin myös soveltuvan hyvin lämmityksen tuotannon integroinnille, sillä lämmityksen tehontarpeet sijoittuvat osin ajallisesti vuoden eri hetkille ja tällöin samoilla laitteilla sekä energialiittymillä voidaan kattaa usean kohteen lämmitystehon tarve.

Alueen energiakokonaisuudelle muodostettiin neljä vertailtavaa vaihtoehtoa. Nykytilanteen skenaario (VE 1) kuvastaa nykyisen tilanteen jatkumista. Vaihtoehto 2 kuvastaa urheiluhallin ja maaumalan peruskorjausta ilman hukkaenergioiden hyödyntämistä. Urheiluhalliin lisätään tuloilman viilennys ja aurinkosähköjärjestelmä ja maaumalaaan lisätään huuhteluveden lämmöntalteenotto. Vaihtoehdossa 3 peruskorjauksen yhteydessä hyödynnetään myös luistelumadon kylmän tuotannosta syntyvä lauhde, joka siirretään urheiluhallin kylmäkoneelle, joka tuottaa lauhteesta lämpöä rakennuksen tarpeisiin. Vaihtoehdossa 4 on korvattu merkittävä määrä alueen kaukolämmön kulutuksesta lämpöpumpuilla ja tuotettu mahdollisimman suuri osa energijärjestelmän sekä urheiluhallin tarvitsemasta sähköstä aurinkosähköllä. Kaukolämpö toimii lämmönlähteenä lämpöpumppujen rinnalla. Lämpöpumppujen lämmöntuotannon lämmönlähteenä toimii tässä vaihtoehdossa geoenergiakenttä, ulkoilma ja luistelumadon lauhde.

Kaikille vaihtoehdoille määritettiin vuosittainen primäärienergiankulutus, elinkaarikustannukset ja elinkaaren hiilijalanjälki, jotka nähdään 50 vuodelle alla olevassa kuvaajassa 1.



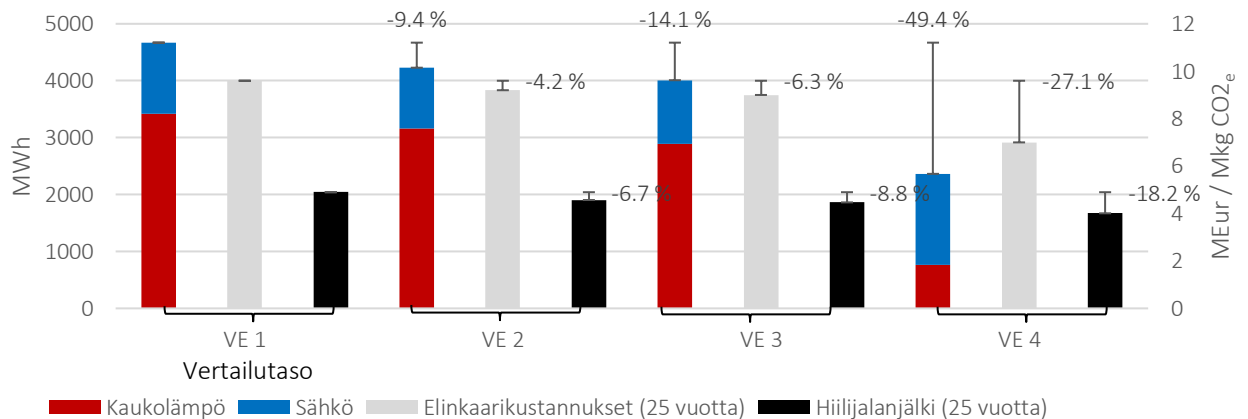
Kuvaaja 1. Eri vaihtoehtojen vuosittainen primäärienergian tarve ja elinkaarikustannukset sekä elinkaaren hiilijalanjälki 50 vuoden aikajaksolla.

Kuvaajassa on vasemmalla y-akselilla vuosittainen kulutettu kaukolämpö sekä verkkosähkö ja oikealla y-akselilla elinkaarikustannukset sekä elinkaaren hiilijalanjälki. Kuvaajasta nähdään, että tyypillisellä urheiluhallin ja maaumalan peruskorjauksella (VE 2) on maltilliset vaikutukset alueen energiankulutukseen sekä elinkaaren kustannuksiin ja hiilijalanjälkeen. Primäärienergiankulutus laskee 260 MWh (9,4 %), elinkaarikustannukset laskevat 1,2 MEur (5,2 %) ja elinkaaren hiilijalanjälki laskee

25.8.2020

0,45 Mkg CO<sub>2e</sub> (5,2 %). Hukkaenergioiden tehokkaammalla hyödyntämisellä (VE 3) energiankulutus ja hiilijalanjälki tippuvat merkittävästi. Myös elinkaarikustannukset tippuvat hieman. Primäärienergiankulutus laskee 654 MWh (14,1 %), elinkaarikustannukset laskevat 2 MEur (8,6 %) ja elinkaaren hiilijalanjälki laskee 0,75 Mkg CO<sub>2e</sub> (9,3 %). Vaihtoehdolla 4 on huomattava vaikutus kaikissa tutkituissa vaikutuskategorioissa. Primäärienergiankulutus laskee 2307 MWh (49,4 %), elinkaarikustannukset laskevat 7,8 MEur (33,6 %) ja elinkaaren hiilijalanjälki laskee 2,35 Mkg CO<sub>2e</sub> (29,2 %).

Tarkastelun tulokset 25 vuoden aikajaksolle nähdään kuvaajassa 2.



Kuvaaja 2. Eri vaihtoehtojen vuosittainen primäärienergian tarve ja elinkaarikustannukset sekä elinkaaren hiilijalanjälki 25 vuoden aikajaksolla.

Kuvaajasta 2 nähdään, että 25 vuoden tarkastelujaksolla vaihtoehtojen 2 ja 3 suhteelliset kustannus- sekä hiilijalanjälkihyödyt ovat maltillisemmat, kuin 50 vuoden tarkastelussa. Näiden vaihtoehtojen alkuinvestointi on merkittävästi vaihtoehtoja 1 ja 2 suurempi, mutta niiden vuosikustannukset ovat pienemmät. Tästä syystä niiden kannattavuus korostuu pidemmällä aikavälillä. Vaihtoehdoissa korvataan kaukolämpöä lämpöpumpuilla tuotetulla lämmöllä ja kaukolämmön päästökkenaario on Turussa seuraavalla 25 vuodelle sähköä suotuisampi ja tästä syystä 25 vuoden aikajaksolla vaikutus hiilijalanjälkeen on vaihtoehdoissa 3 ja 4 50 vuotta suhteellisesti pienempi.

Vaihtoehdon 4 suuri vaikutus johtuu pääsääntöisesti seuraavista asioista:

- Energia
  - Lämpöpumpuilla tuotetaan pääsääntöisesti matalan lämpötilatason verkostoihin lämpöä korkealla hyötysuhteella hukkalämmönlähteistä, ulkoilmasta ja geoenergiakentästä. Tämä kerätty uusiutuva energia vähentää kaukolämmön tarvetta.
  - Suuremman mitoituksen aurinkosähköjärjestelmä vähentää merkittävästi ostosähkön tarvetta
- Elinkaarikustannukset
  - Useiden rinnakkaisten kaukolämpöliittymien keskittäminen yhteen energiakeskukseen laskee kaukolämmön perusmaksuja
  - Lämpöpumpuilla tuotetaan merkittävä määrä lämpöä huomattavasti kaukolämpöä halvemmalla keskihinnalla
  - Aurinkosähköllä lasketaan kulutetun sähkön kustannuksia
- Hiilijalanjälki
  - Merkittävä määrä kaukolämpöä korvataan pienen ominaispäästön uusiutuvilla energianlähteillä.

25.8.2020

Alueen energiaa, elinkaarikustannuksia ja hiilijalanjälkeä voitaisiin vielä hieman pienentää lisää kasvattamalla aurinkosähköjärjestelmän kokoa ja siirtämällä tuotettua sähköä myös urheiluhallin sekä energiakeskuksen ulkopuolelle muihin kulutuskohteisiin. Siirto vaatisi kuitenkin luvan sähköverkko-yhtiöltä ja ei täten ole täydellä varmuudella toteutettavissa. Mahdollisuus on kuitenkin hyvä tiedostaa aluetta kehitettäessä tulevaisuudessa.

Alueen maauimalan ja urheiluhallin tulevaisuuden peruskorjausten laajuudessa on vielä epävarmuutta ja näiden kohteiden tulevaisuuden tilanteet tarkentuvat tulevien kuntotutkimusten myötä. Tämän vuoksi myös tässä työssä käytetyt oletukset saattavat poiketa tulevaisuuden tilanteesta. Alueen tulevat energijakaumat tulevat kuitenkin vastaamaan pääosin analyysissä käytettyjä ja tästä syystä työn johtopäätökset ja suositukset ovat oleellisia ja ne tulisi huomioida aluetta kehitettäessä.

Alueella tulisikin hyödyntää laajamittaisesti lämpöpumppuja lämmön tuotannossa. Alueen lämmön- ja kylmäntuotanto tulisi integroida mahdollisimman kattavasti samaan energiakeskukseen, jotta hukkaenergioiden ja alueen eri ajoille sijoittuvien energiantarpeiden tuomat hyödyt voidaan hyödyntää tehokkaasti. Koska merkittävä osa alueen lämpöenergian tarpeesta sijoittuu kesäajalle, tulisi lämpöpumppujen lämmönlähteenä käyttää kesäisin ulkoilmaa, jota käytetään myös geoenergiakentän regenerointiin. Näin pienennetään huomattavasti järjestelmän tarvitsemaa geoenergiakenttää. Talviaikana geoenergiakenttää käytetään luistelumadon lauhteen kanssa lämpöpumppujen lämmönlähteenä. Jos urheiluhallin katon kantavuus todetaan riittäväksi, voidaan se varustaa noin 300 kW<sub>p</sub> aurinkosähköjärjestelmällä, joka tuottaa sähköä energijärjestelmän lämpöpumpuille ja urheiluhallille. Jos sähkön jakaminen myös muille kulutuskohteille todetaan mahdolliseksi, voidaan järjestelmän kokoa kasvattaa noin 50 kW<sub>p</sub>. Kehitysmahdollisuudet tulisi huomioida, kun urheiluhallin ja maauimalan korjausten hankesuunnitelmia laaditaan. Hankesuunnitelmien yhteydessä tehtyjä tarkasteluita voidaan tarkentaa mahdollisesti muuttuneeseen tilanteeseen ja tutkia miten tämän tutkimuksen suositukset voidaan hankesuunnitelmassa huomioida.

Hankkeen aikana alueen kohteisiin suoritettiin myös kohdekierrokset, joiden yhteydessä tutkittiin työn lähtötiedoksi kohteiden olemassa olevia järjestelmiä. Kierroksella ilmeni tutkimusten ohessa, että kohteiden automatiikka ei välttämättä toimi optimaalisella tavalla ja esimerkiksi lämmitetyssä jalkapallokentässä voitaisiin erilaisella säätötavalla säästää merkittäviä määriä lämpöenergiaa. Kohteisiin olisikin suositeltavaa toteuttaa talotekninen toiminnanvarmistus, jossa käytäisiin kattavammin läpi nykyisten laitteiden toiminta, jonka pohjalta laitteiden toiminta voitaisiin säätää optimaaliseksi.

## Sisällys

1	Projektin tausta ja tavoitteet.....	8
2	Tutkimusprosessi .....	8
3	Alueen esittely .....	9
3.1	Kupittaaan liikunta-alue ja tutkittavat kohteet .....	9
3.1.1	Urheiluhalli .....	10
3.1.2	Maaumala .....	10
3.1.3	Luistelumato.....	10
3.1.4	Lämmitetty jalkapallokenttä .....	11
4	Nykyisen energiankulutuksen analyysi .....	12
4.1	Lämpö.....	12
4.2	Sähkö.....	14
5	Tutkittavat energiajärjestelmävaihtoehdot .....	16
5.1	Vaihtoehto 1: Nykytilanne.....	16
5.2	Vaihtoehto 2: Maaumalan ja urheiluhallin tyypillinen peruskorjaus .....	17
5.3	Vaihtoehto 3: Peruskorjaus ja hukkalämpöjen hyödyntäminen .....	17
5.4	Vaihtoehto 4: Peruskorjaus ja alueellinen energiajärjestelmä.....	18
6	Energiamäärien määrittäminen .....	19
7	Energialaskennan tulokset .....	20
8	Elinkaarikustannuslaskelmat .....	22
8.1	25 vuoden tarkastelu .....	23
8.2	50 vuoden tarkastelu .....	24
9	Hiilijalanjälkilaskelmat.....	25
9.1	25 vuoden tarkastelu .....	26
9.2	50 vuoden tarkastelu .....	27
10	Tekninen toteutettavuus.....	28
10.1	Geoenergiakenttä .....	28
10.2	Aurinkosähköjärjestelmä.....	30
10.3	Alueellisen energiajärjestelmän energiakeskus.....	31
11	Tulokset ja johtopäätökset.....	32

25.8.2020

## Yhteystiedot

### Kohde

Kupittaaan liikunta-alue  
20520 Turku

### Tilaaaja

Turun kaupunki  
PL 355  
20101 Turku

### Suunnittelu

Kupittaaan liikunta-alueen energiasimulointi ja elinkaarilaskenta  
Sitowise Oy  
puh 029 005 9202  
Linnoitustie 6  
02600 Espoo

### Projektipäällikkö

Marko Tulamo  
puh +358 50 301 8660  
email [marko.tulamo@sitowise.com](mailto:marko.tulamo@sitowise.com)

### Energiasuunnittelija

Nicholas Stewart  
puh +358 44 427 9416  
email [nicholas.stewart@sitowise.com](mailto:nicholas.stewart@sitowise.com)

25.8.2020

## Käsitteet

Käsite	Selite
Hiilijalanjälki	Tässä työssä viitataan energiajärjestelmän hiilijalanjälkeen
Energiaprofiili	Rakennuksen lämmitys-, jäähdytys- ja sähkötehon tarve vuoden kaikkina tunteina
Hukkaenergia	Hyödynnettävissä oleva energiavirta
Alueen energiakokonaisuus	Kokonaisuus, joka sisältää kaikki alueen energiavirrat ja niiden tarvitsemat energialiittymät sekä laitteet
Elinkaarikustannus	Tässä työssä energiakokonaisuuden elinkaarikustannus, joka sisältää järjestelmän energia- ja liittymäkustannukset sekä laitteiden investointi-, uusinta- ja huoltokustannukset
Geoenergiakenttä	Useiden maalämpökaivojen muodostama kokonaisuus

## 1 Projektin tausta ja tavoitteet

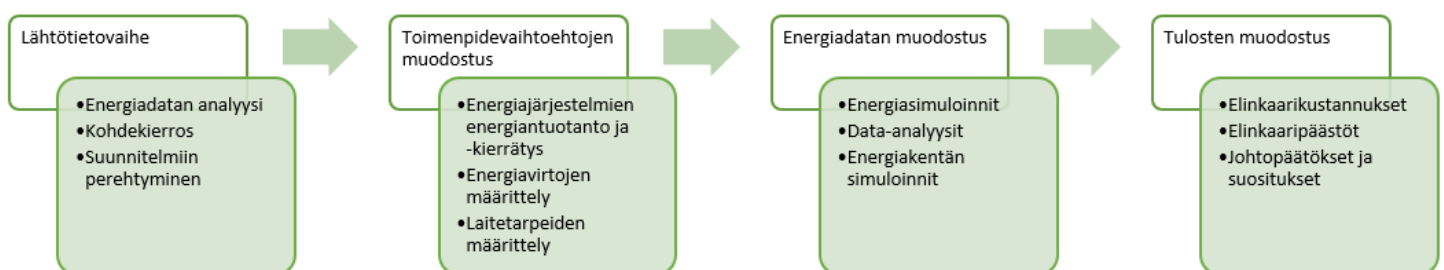
Turun kaupungilla on tavoitteena parantaa kiinteistöjensä energiatehokkuutta ja pienentää niiden hiilijalanjälkeä. Tässä hankkeessa tutkittiin Turun Kupittaaan liikunta-alueen alueellisia energiaratkaisuja. Alueen kiinteistöissä esiintyy eri vuodenaikoina samanaikaisia jäähdytyksen ja lämmityksen tarpeita, jotka mahdollistavat energiavirtojen alueellisen kierrätyksen ja primäärienergiankulutuksen vähentämisen. Rakennusten toisistaan poikkeavat energian tarpeet mahdollistavat myös paremman uusiutuvan energian hyödyntämisen. Kupittaaan liikunta-alueelle haetaan vähähiilisiä, kustannustehokkaita, toimintavarmoja ja kaupunkikuvallisesti miellyttäviä tapoja pienentää alueen kokonaisenergiankulutusta. Kupittaaan alueen energiatehokkuutta tarkasteltiin kokonaisuutena eri toimintojen energiavirtojen näkökulmasta ja alueelle etsittiin sen tulevaisuuden kehittyminen huomioiden parhaat energiatehokkuuden ratkaisut.

## 2 Tutkimusprosessi

Alueen energiatehokkuuden parantamisen ensimmäinen toimenpide oli rakennusten energiaprofiilien analysointi. Turun kaupungin toimittama kuukausi- ja tuntitasoinen energiadata analysoitiin ja analyysin pohjalta muodostettiin kuva alueen eri osien sekä kokonaisuuden energiaprofiilista. Energia-analyysin yhteydessä suoritettiin kohdekerrokset ja kohteiden suunnitelmiin perehtyminen kohteiden teknisen nykytilan määrittämiseksi. Näin muodostettiin kuva nykYTEKNIIKAN energiavirtojen kierrätyksen ja energiatehokkuuden parantamisen mahdollisuuksista. Tiedoista muodostettiin myös kuva tulevaisuuden tekniikan uusimistarpeista, jotta nämä voitiin huomioida toimenpidevaihtoehtojen muodostuksessa.

Lähtötietojen analyysien pohjalta muodostettiin toimenpidevaihtoehdot, joita tutkittiin tarkemmin. Vaihtoehtojen tutkimisen ensimmäisessä vaiheessa määritettiin eri vaihtoehtojen energiajärjestelmien peruseriaatteet ja energiavirrat. Peruseriaatteiden laatimisen jälkeen määritettiin energiasimuloimalla ja datan analysoinnilla alueen primäärienergioiden tarpeet eri energiajärjestelmillä. Tämän jälkeen määritettiin eri vaihtoehtojen energiajärjestelmien investointi-, huolto- ja ylläpitokustannusten sekä energiakustannusten avulla vaihtoehtojen elinkaarikustannukset. Primäärienergiankulutuksista määritettiin myös eri järjestelmien elinkaarten hiilijalanjäljet.

Lopuksi muodostettiin tehtyjen analyysien perusteella suositukset alueen tulevaisuuden energia-kokonaisuudelle. Tutkimuksen prosessikaavio näkyy kuvassa 1.



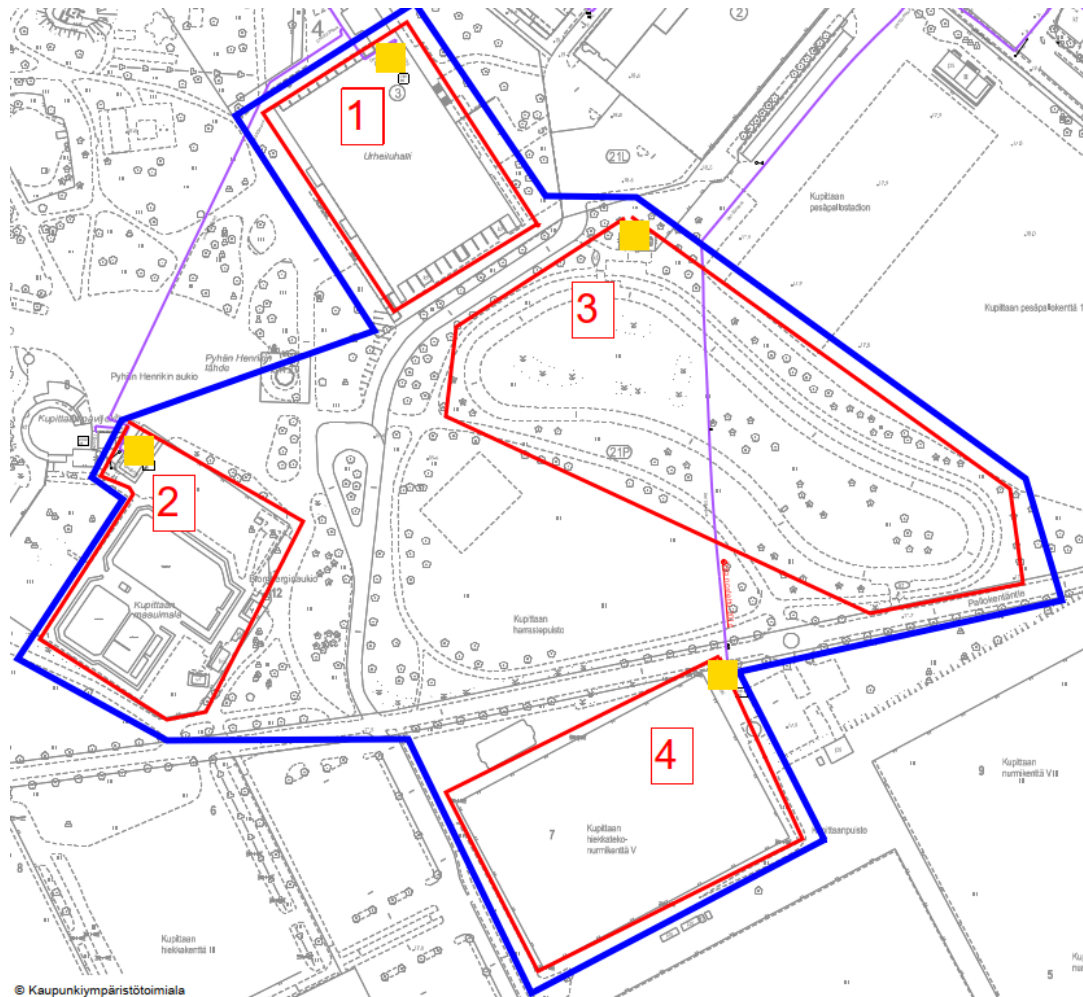
Kuva 1. Tehdyn tutkimuksen prosessikaavio.



### 3 Alueen esittely

#### 3.1 Kupittaaan liikunta-alue ja tutkittavat kohteet

Kupittaaan liikunta-alueella sijaitsee useita rakennuksia ja kenttiä. Hankkeessa tutkittiin alueella sijaitseva urheiluhalli (1), maaumala (2), luistelumato (3) ja lämmitettävä jalkapallokenttä (4). Urheiluhallia ja jalkapallokenttää käytetään läpi vuoden, mutta luistelumattoa käytetään vain talvisin ja maaumalaa vain kesäisin. Alue, tutkittavat kohteet ja kohteiden energiakeskukset näkyvät kuvassa 2.



Kuva 2. Tutkittava alue (sininen alue), tutkittavat kohteet (punaiset alueet) ja kohteiden energiakeskukset (keltaiset laatikot).

Kuvasta 2 nähdään, että tutkittavat kohteet levittäytyvät urheilupuistossa laajalle alueelle ja esimerkiksi urheiluhallin energiakeskukselta on jalkapallokentän energiakeskukselle noin 300 metriä. Jokaisella kohteella on oma energiakeskuksensa, josta tuotetaan kaukolämmön kautta kohteen tarvitsema lämpö. Luistelumadon energiakeskuksessa tuotetaan vedenjäähdytyskoneilla jääradan tarvitsema kylmä.

25.8.2020

## 3.1.1 Urheiluhalli

Urheiluhalli on 1971 valmistunut 86 320 m<sup>3</sup> laajuinen monikäyttöinen liikuntarakennus. Rakennuksesta löytyy useita eri tyyppisiä urheilutiloja, joita ovat esimerkiksi yleisurheilualue, kuntosali, keilahalli ja ampumarata. Rakennuksen ilmanvaihto on osin vanhaa ja uusittavassa kunnossa. Lämmönjakokeskus on uusittu 2010 ja sähkökeskus 2016. Urheiluhalliin ollaan teetättämässä kuntokartoitusta, jonka perusteella päätetään hallin peruskorjaamisesta tai muusta ratkaisusta. Tässä työssä oletetaan, että tulevaisuudessa halli peruskorjataan ja uudisrakentamisen vaihtoehtoa ei tutkita. Rakennuksen lämmitysverkostojen mitoituslämpötilat ovat korkeat ja nykytilanteessa alla olevan taulukon 1 mukaiset.

Taulukko 1. Urheiluhallin lämmitysverkostojen mitoituksen lämpötilatasot ja tehot.

Järjestelmä	Mitoituslämpötilat (meno/paluu)	Teho (kW)
Ilmanvaihto	70-40	900 <sup>(1)</sup>
Tilalämmitys	80-60	200
Käyttövesi	58	760

(1) arvioidaan tarvittaessa uudelleen peruskorjattua tilannetta vastaavaksi.

## 3.1.2 Maauimala

Maauimala on valmistunut vuonna 1912 ja koostuu pääosin lämmittämättömistä tiloista sekä uimaallasalueesta. Maauimalaan on tehty useita korjauksia ja nykyinen käytössä oleva tekniikka on iältään vaihtelevaa. Vedenpuhdistuslaitteisto on alkuperäistä ja on 70-luvulta. Lämmönjakokeskus on osaksi vuodelta -87, vaikkakin osa tekniikasta on uusittua. Kohteen lämmitysverkostojen mitoituslämpötilat ovat nykytilanteessa alla olevan taulukon 2 mukaiset.

Taulukko 2. Maauimalan lämmitysverkostojen mitoituksen lämpötilatasot ja tehot.

Järjestelmä	Mitoituslämpötilat (meno/paluu)	Teho (kW)
Allasveden lämmitys	45-21	1 400
Käyttövesi	50	1 200

Maauimalan vedenpuhdistusprosessissa on 3 rakennehiekkasuodatinta, joita käytetään allasveden puhdistukseen. Suodattimien puhdistushuuhdeltu suoritetaan kahdesti viikossa, jonka yhteydessä noin 60 m<sup>3</sup> noin +26 asteista lämmintä vettä ajetaan viemäriin ilman LTO:ta ja korvataan uudella noin +8 asteisella vedellä, joka tulee lämmittää tavoitelämpötilaan.

Maauimala on käytössä vain kesäisin toukokuun lopusta elokuun 11 päivään asti.

## 3.1.3 Luistelumato

Luistelumadon jäähdytys on toteutettu omalla kylmäjärjestelmällään, joka sijaitsee luistelumadon ja urheiluhallin vieressä. Kylmäjärjestelmä sijaitsee tätä varten olevassa tekniikkarakennuksessa. Luistelumadon kylmäjärjestelmä on suunnitteluaineiston perusteella toteutettu vuonna 2007. Luistelumadon jäähdytys on toteutettu kylmäjärjestelmällä, joka koostuu kahdesta Bitzer CSH 8571-140 ruuvikompressorista, kuudesta lauhduttimesta, 37 kW kiertopumpusta ja muista tarvittavista lisälaitteista. Kiertopumppua ei ole varustettu taajuusmuuttajalla, joten se käy tasaisella teholla ja pitää kentässä noin 40 l/s virtaamaa. Kiertopumppu käy aina tasaisella teholla luistelumadon ollessa

25.8.2020

käytössä, vaikka lämpöpumppu olisi pois päältä. Tällaiset jaksot voivat kylminä talvina olla pitkiä ja tulisi tutkia tarkemmin voitaisiinko kiertopumpun säätötapaa muuttaa ja tätä kautta säästää energiaa.

Kylmäjärjestelmä pyrkii pitämään luistelumadon kylmäputkistossa kiertävän liuoksen noin (-10) – (-15) °C asteen lämpötilassa. Kylmäaineena prosessissa käytetään R-452a:ta. Kohdekierroksen tarkasteluhetkellä lauhduttimille tulevan kylmäaineen lämpötila oli 70,7 °C astetta ja lähtevän lauhteen lämpötila oli 28,2 °C astetta. Kenttään menevän liuoksen lämpötila oli -15,9 °C astetta ja palaavan liuoksen lämpötila oli -14,4 °C astetta. Järjestelmän kompressorien teknisiä tietoja ei löytynyt nykyiselle kylmäaineelle, mutta teknisten materiaalien perusteella ja vastaavan tyyppisen uuden kylmäkoneen koneajon perusteella kylmäkoneiden hyötysuhteen arvioitiin olevan noin 2,5.

Kylmäkoneiden kompressorien käyttöikä on yleisesti noin 15-20 vuotta, riippuen koneiden vuosittaisista käyttötunneista ja huoltotoimenpiteistä. Nykyisillä kylmälaitteilla on siis käyttöikää jäljellä noin 2-7 vuotta.

### 3.1.4 Lämmitetty jalkapallokenttä

Jalkapallokentän lämmitys on otettu käyttöön vuonna 1997 ja kenttä lämmitetään kaukolämmöllä. Kaukolämpökeskus sijaitsee jalkapallokentän vieressä omassa tekniikkarakennuksessaan. Kaukolämpökeskus on alkuperäinen ja vuodelta 1997, joten keskus on käyttöikänsä päässä ja tulisi uusia. Alkuperäisten suunnitelmien mukaan jalkapallokentän lämmitys käynnistyy alle +2 °C lämpötiloissa ja pysäytetään alle -10 °C lämpötilassa pysäyttämällä kentän kiertopumppu. Pumpun käydessä kiertävän nesteen lämpötilaa säädetään välillä +30 – 40 °C.

Automatiikka toimii kuitenkin nykyisin niin, että alle -10 °C lämpötilassa pumpput yhä käyvät, mutta kentässä kiertävän nesteen lämpötilan asetusarvo tippuu +1 °C asteeseen. Vuonna 2019 tämän säädön takia kentän lämmitykseen kului noin 90 MWh ylimääräistä lämpöenergiaa. Kentän kaukolämpökeskusta uusittaessa tulisi miettiä, onko tälle säädölle tarvetta, sillä kentän lämmitykseen käytettävä neste on propyleeniglykoli-vesi seosta.

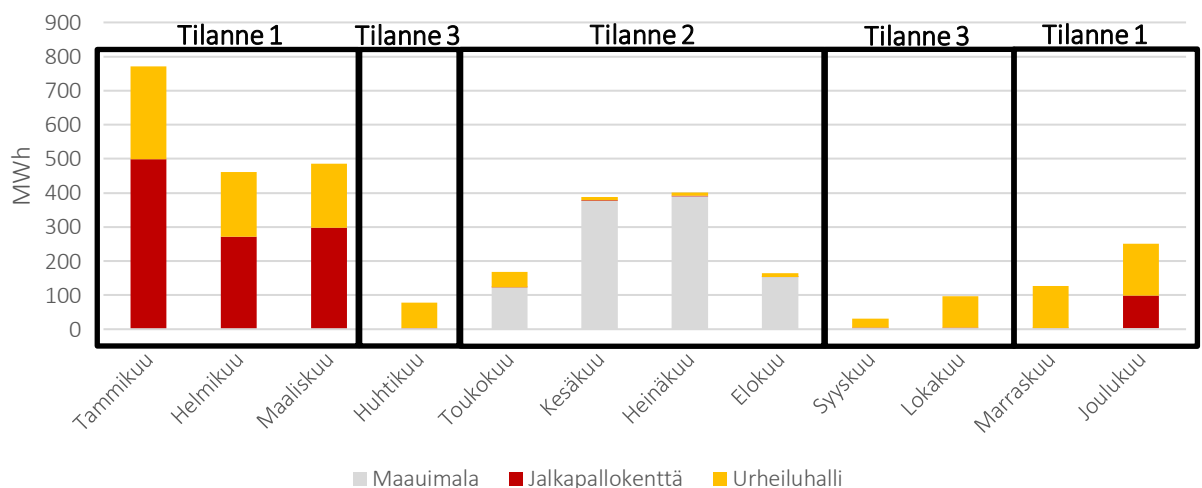
## 4 Nykyisen energiankulutuksen analyysi

Alueen eri kohteiden ja koko alueen energia-analyysi suoritettiin Turun kaupungin toimittamaan energiadataan pohjautuen. Energia-analyysi tehtiin vuositason ja tuntitason tiedon perusteella. Tuntitason analyysi suoritettiin vuoden 2019 energiankulutustietojen pohjalta ja analyysissä epävarmuutta aiheuttaa eri vuosien välinen vaihtelu, joka on nähtävissä pidempiaikaisessa vuositason datassa. Eri rakennusten energiankulutuksen vuositaseista kuitenkin nähtiin, että vuosittaisen kokonaisenergiankulutuksen osalta vuosi 2019 kuvaa hyvin tyypillistä vuotta. Lähtötiedoista saatiin määritettyä alueen eri osioiden tyypillinen energiankulutus ja energiankulutuksen eri trendit. Trendien avulla saatiin selvitettyä mahdolliset synergiat.

Merkittävin alueen energiankierrätykseen liittyvä mahdollisuus on luistelumadon kylmäntuotannosta syntyvän lauhteen hyödyntäminen. Maaumalassa on mahdollisuuksia hukkaenergioiden hyödyntämiselle ja alueen energiaprofiili kokonaisuudessaan tarjoaa hyviä mahdollisuuksia myös uusiutuvan energian käytölle. Alueen lämpöenergiaverkostojen matalat lämpötilatasot tarjoavat hyviä mahdollisuuksia lämpöpumppujen lämmityskäytön hyödyntämiselle ja lämpöpumppuja voidaan hyödyntää hyvin myös urheiluhallissa, jos hallin peruskorjauksessa verkostot suunnitellaan oikeille lämpötilatasoille.

Alueen vuosittainen lämpöenergian tarve on noin 3 400 MWh, joka jakautuu tasaisesti maaumalan, jalkapallokentän ja urheiluhallin välille. Sähköenergian tarve on noin 1 200 MWh, joka koostuu pääosin urheiluhallin sähköenergian tarpeesta. Lämpöenergian tarve vaihtelee merkittävästi kuukausitasolla, mutta sähköenergian tarve on kuukausitasolla merkittävästi tasaisempaa.

### 4.1 Lämpö

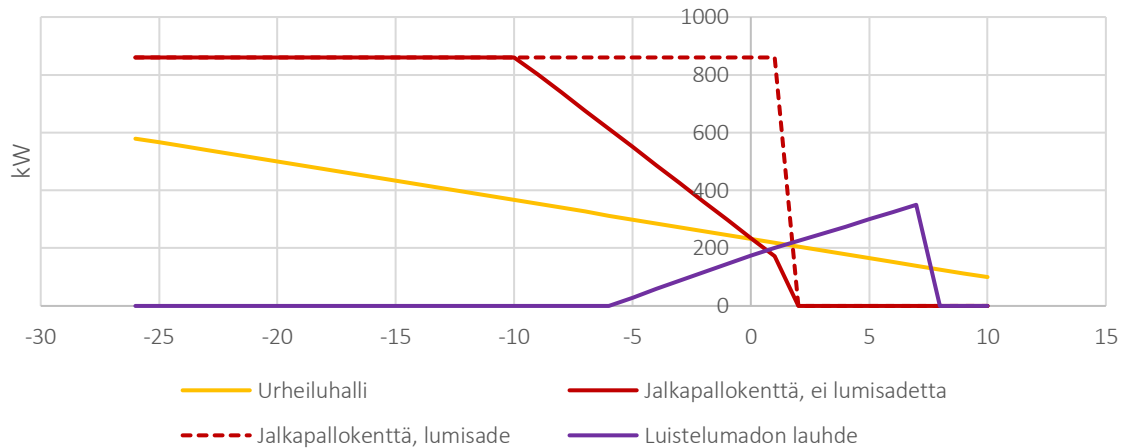


Kuvaaja 3. Alueen lämpöenergian kuukausikulutus ja tyyppitilanteet (vuoden 2019 ei normeerattu kulutus).

Kuvaajasta 3 nähdään, että alueella on lämpöenergian tarvetta läpi vuoden. Kuvaajasta ilmenee, että tyypillisenä käyttövuotena jalkapallokenttä ja urheiluhalli muodostavat talviaikana huomattavan lämpöenergian tarpeen ja erityisesti jalkapallokentän lämmöntarve talven pakkasjaksoina on suurta. Kesäaikana maaumalan lämmöntarve on huomattava. Vähäisen lämmöntarpeen ajanjaksoja on kaksi, huhtikuun alusta toukokuun loppupuolelle (maaumalan aukeamiseen) ja elokuun alkupuolelta (maaumalan sulkeutuessa) loka-marraskuun taitteeseen. Kuvaajassa näkyvä tieto perustuu vuoden 2019 tuntikulutuksiin, joten kuukausitasolla kulutus voi vaihdella esitetystä. Vuositason energiantarpeet vastaavat kuitenkin tyypillistä vuotta.

25.8.2020

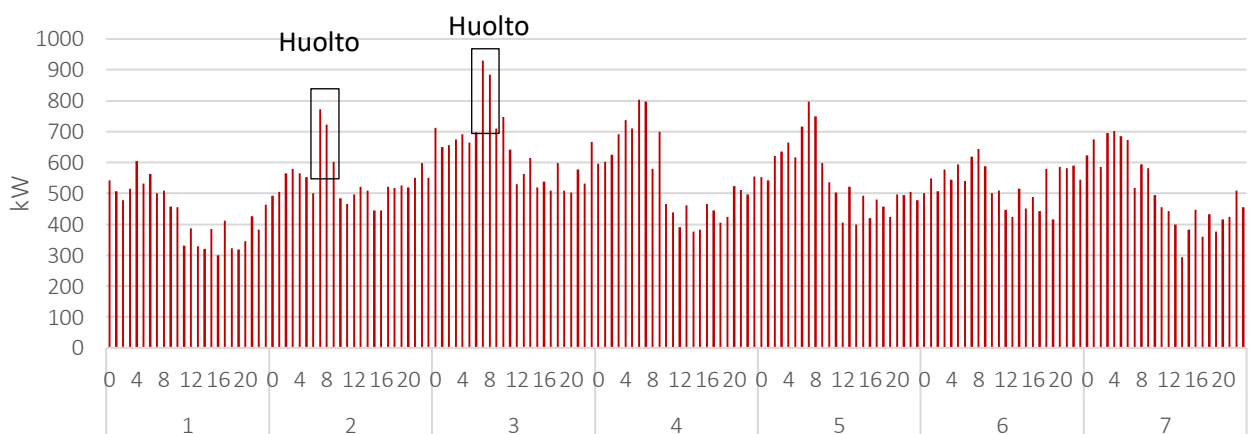
Energiankulutusdatasta havaittiin ajankohtia, joissa alueen alueen energiatehokkuutta voidaan parantaa. Yksi potentiaalinen ajanjakso on marras-maaliskuun väli, jolloin jalkapallokenttä ja urheiluhalli tarvitsevat lämmitystä ja luistelumadosta syntyy lämmitykseen käytettävää lauhdetta. Jalkapallokentän ja urheiluhallin lämmityksen sekä luistelumadon jäähtyksen tunnistettiin olevan vahvasti riippuvaisia ulkoilman lämpötilasta ja niiden keskimääräiset tehot eri ulkoilman lämpötiloissa näkyvät kuvaajassa 4.



Kuvaaja 4. Tyypпитilanne 1. Jalkapallokentän ja urheiluhallin tyypilliset lämmitystehontarpeet ja luistelumadon lauhde eri ulkoilman lämpötiloissa aikavälillä marras-maaliskuu.

Kuvaajasta 4 nähdään, että alueella voitaisiin yleensä hyödyntää urheiluhallissa tai jalkapallokentässä luistelumadon kaikki lauhde, kun ulkoilman lämpötila alittaa +1 °C. Alueen lämmön tarve tippuu huomattavasti talviaikana ulkoilma ylittäessä yhden asteen, sillä tällöin jalkapallokentän lämmitys ei kuluta energiaa. Lämpötilan noustessa tämän yli, voi syntyä tilanteita, joissa kaikkea lauhdetta ei voida hyödyntää muissa kohteissa ilman lämmön varastointia. Lauhteesta hyödynnettävä lämpöenergia on vuositasolla noin 300 MWh.

Toinen tyypпитilanne on kesän jakso, jolloin maa-uimalassa tarvitaan paljon lämpöenergiaa. Maa-uimalan lämpöenergiankulutus kasvaa hieman kylmemmällä säällä, mutta selkeimmin lämpöenergian tarpeeseen vaikuttaa viikonaika. Seuraavassa kuvaajassa 5 nähdään tyypпитilanteen 2 tyypillinen viikko keskimääräisen lämmitystehon suhteen.



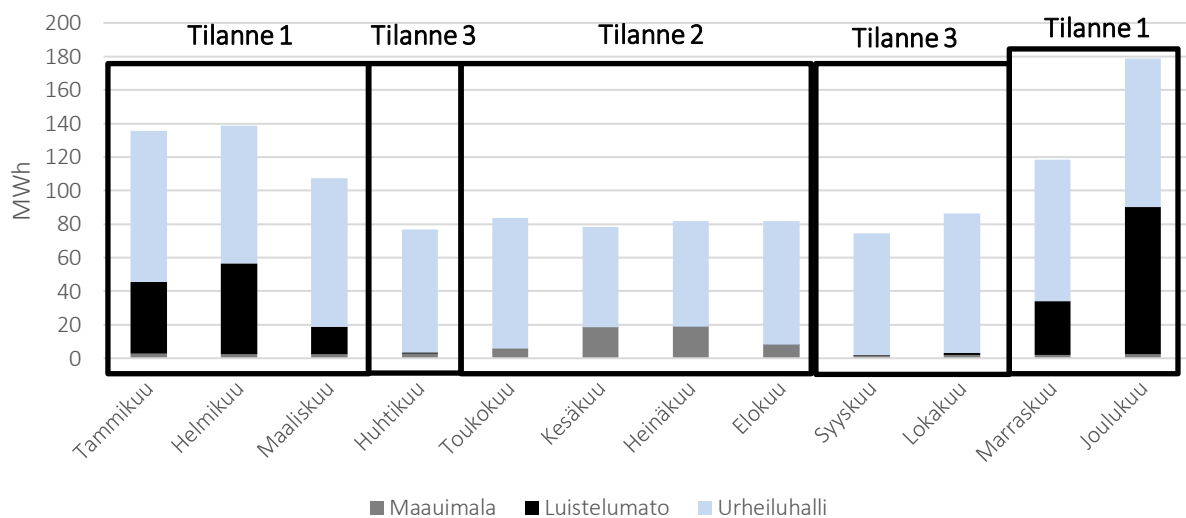
Kuvaaja 5. Tyypпитilanteen 2 lämmitystehon tarve. Tunnit edustavat aikavälin keskiarvoja. Huolto-prosessin lämmitystarpeista johtuvat piikit on korostettu laatikoin.

25.8.2020

Kuvaajasta 5 nähdään, että tyypillisesti maauijalan lämmitystehon tarve vaihtelee välillä 300–900 kW. Tavanomaisina päivinä keskimäärin suurin kulutustarve on aamuyöllä ja pienin tarve on iltapäivällä. Tiistaisin ja keskiviikkoisin on nähtävissä voimakas kulutuspiikki noin yhdeksän aikaan aamulla, jolloin hiekkasuodattimet huuhdellaan. Huuhteluprosessin lämpöenergian tarpeen määritettiin olevan noin 1,3 MWh/huuhtelukerta, jolloin yhden kesän aikana huuhteluprosessi kuluttaa lämpöenergiaa noin 25 MWh, joka on noin 2,5 % maauijalan lämpöenergian tarpeesta. Huoltotoimien energiatehokkuutta voitaisiin parantaa jäteveden lämmöntalteenotolla, vaikkakin häviöt ovat pieniä verrattuna altaiden lämpöhäviöihin. Maauijala muodostaa kokonaisuudessaan suuren lämpöenergian kulutuskohteen, jonka lämpöenergian tarpeen profiili on tasainen.

## 4.2 Sähkö

Sähkönenergian kuukausikulutus nähdään kuvaajassa 6.



Kuvaaja 6. Alueen sähköenergian kuukausikulutus ja tyyppitilanteet.

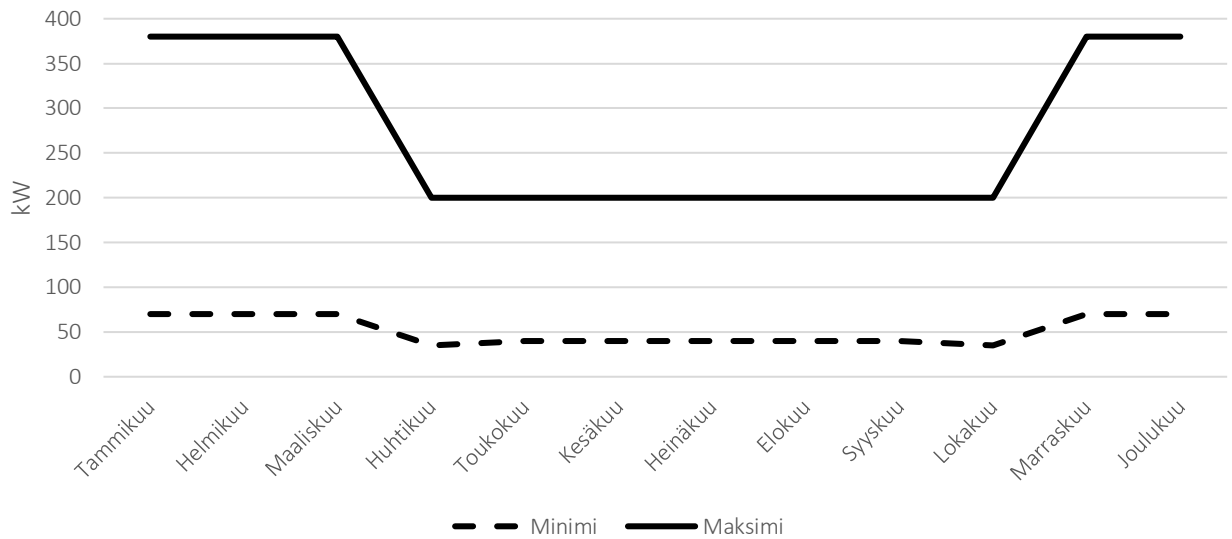
Kuvaajasta 6 nähdään, että sähköenergialle on tarvetta läpi vuoden. Urheiluhalli on käytössä vuoden kaikkina aikoina, joten sen ilmanvaihto ja valaistus muodostavat tarvetta kaikkina kuukausina. Luistelumadon kylmäjärjestelmä ja kiertopumppu tarvitsevat sähköä järjestelmän käydessä marraskuu-maaliskuu välillä (tilanne 1). Maauijalan allasjärjestelmän pumput ja muut laitteet tarvitsevat sähköä pääosin touko-elokuussa maauijalan ollessa käytössä (tilanne 2). Tilanteessa 3 alueen sähköenergian tarve koostuu pääosin urheiluhallin sähköenergiankulutuksesta. Jalkapallokentän sähköenergian tarpeesta oli saatavilla vain vuositasen tietoa, joten se ei näy kuvaajassa. Jalkapallokentän kiertopumput ja valot kuluttavat sähköä vuodessa noin 80 MWh ja kulutus oletettavasti sijoittuu syys- ja talviajalle.

Tilanteessa 1 alueen sähköenergiankulutus on urheiluhallin osalta ajallisesti riippuvainen ja luistelumadon osalta riippuvainen ulkoilman lämpötilasta. Urheiluhallin sähkötehon tarve on talviaikana 35-200 kW ja luistelumadon sähkötehon tarve on 37-180 kW. Myös jalkapallokentällä on sähkön tarvetta, mutta tätä ei huomioitu analyysissä, sillä kulutuksesta ei ole tuntimittauksia. Maauijalan talviaikainen sähkötehon tarve on vain noin 4 kW. Alueen sähkötehon tarve vaihtelee siis tilanteessa 1 välillä 70-380 kW.

Tilanteessa 2 kesäaikana sähköenergian tarvetta esiintyy alueella maauijalassa ja urheiluhallissa. Maauijalan sähkötehon tarve on kesäisin erittäin tasainen ja on noin 25 kW. Urheiluhallin kesäaikainen sähköteho on ajallisesti riippuvainen ja vaihtelee tyypillisesti välillä noin 15-150 kW. Sähkön tarpeelle esiintyy siis kesäisin tasainen 40 kW pohjakuorma, joka päivisin urheiluhallin käyttöaikana kasvaa noin 200 kW:n.

25.8.2020

Tilanteessa 3 alueen sähköenergiankulutus koostuu urheiluhallista ja tällöin tarve vaihtelee tyypillisesti välillä 35 – 200 kW. Kuvaajasta 7 nähdään tiedot esitettyinä kuvaajassa.



Kuvaaja 7. Alueen sähkötehon tarve eri vuodenaikoina.

Sähköenergian- ja tehon analyysistä nähdään, että alue soveltuu erittäin hyvin aurinkosähkön hyödyntämiseen. Aurinkosähkön tuotanto vaihtelee huomattavasti tuntitasolla ja suurin osa tuotannosta tapahtuu päivisin. Alueen kulutuskohteiden sähkötehon minimi on huomattavan suuri, joka takaa sen, että suurienkin aurinkosähkijärjestelmien tuotanto saadaan aina käytettyä kohteissa. Urheiluhallin sähkön tarve kasvaa merkittävästi päivisin (07:00-20:00), jolloin myös aurinkosähkön tuotanto on suurimmillaan. Tästä syystä alueen aurinkosähkön tuotanto voitaisiin mitoittaa reilusti yli sähkön vuorokausikohtaisen minimitarpeen.

Alueen aurinkosähköntuotantoa suunniteltaessa on kuitenkin huomioitava nykyinen sähkömarkkinalaki, jonka perusteella sähkön jakelu kiinteistörajan ulkopuolelle vaatii paikallisen jakeluverkkoyhtiön suostumuksen. Kiinteistöillä, joiden välillä sähköä siirretään, on myös oltava sama omistaja ja jos kiinteistörajojen yli siirrettävä sähköenergia ylittää vuositasolla yli 800 MWh, on siirrettävä sähkö veronalaista. Nämä asiat huomioiden tässä tutkimuksessa rajataan aurinkosähkön kiinteistöjen välinen siirto tarkastelun ulkopuolelle, vaikkakin siirto voisi olla teoriassa mahdollista verkkoyhtiön luvalla.

## 5 Tutkittavat energiajärjestelmävaihtoehdot

Alueen kulutuskohteiden tekniikan ja energiankulutuksen analysoinnin perusteella alueen tulevaisuuden skenaarioiksi muodostettiin neljä vertailtavaa ratkaisua. Vaihtoehtojen laadinnassa haluttiin määrittää, mikä vaikutus on hukkalämpöjen hyödyntämisellä ja optimaalisella energiantuotannolla on tyyppillisen peruskorjauksen tilanteeseen. Tutkittavat energiajärjestelmävaihtoehdot ovat seuraavat:

- 1. VE 1: Nykytilanne**
- 2. VE 2: Maauimalan ja urheiluhallin tyyppillinen peruskorjaus**
- 3. VE 3: Peruskorjaus ja hukkalämpöjen hyödyntäminen**
- 4. VE 4: Peruskorjaus ja alueellinen energiajärjestelmä**

Nykytilanteen skenaario ei ole tulevaisuuden kannalta realistinen, mutta esitetään tuloksissa vertailun vuoksi ratkaisuna, johon tulevaisuuden eri vaihtoehtojen energiankulutusta ja elinkaaren hiilijalanjälkeä voidaan verrata. Vaihtoehdossa 2-4 urheiluhallin peruskorjauksen takia hallin lämmitysenergian tarpeen oletetaan olevan 20 % ja sähköenergian tarpeen oletetaan olevan 10 % nykyistä pienemmät.

### 5.1 Vaihtoehto 1: Nykytilanne

Tämän vaihtoehdon tulokset selvitetään vertailun vuoksi, jotta eri toimenpiteiden vaikuttavuuden suuruutta nykytilanteeseen voidaan verrata. Rakennusten tekniikka, energiankulutus ja energiajärjestelmät vastaavat tässä vaihtoehdossa nykytilannetta. Rakennusten välillä ei kierrätetä energiovirtoja ja uusiutuvan energian tuotantoa ei ole.

Eri rakennusten energiajärjestelmät:

- Urheiluhalli: kaukolämpö
- Maauimala: kaukolämpö
- Luistelumato: kylmäkoneet
- Jalkapallokenttä: kaukolämpö



## 5.2 Vaihtoehto 2: Maauimalan ja urheiluhallin tyypillinen peruskorjaus

Tässä vaihtoehdossa toteutetaan urheiluhallin ja maauimalan tekninen perusparannus ilman energian kierrätystä eri kulutuskohteiden välillä. Urheiluhallin teknisten järjestelmien energiatehokkuutta parannetaan peruskorjauksen yhteydessä ja lämmitysverkostot toteutetaan matalille lämpötiloille soveltuvina. Maauimalaan lisätään jäteveden LTO huoltotoimenpiteiden jäteveden lämmön hyödyntämiseksi. Urheiluhallin katolle lisätään aurinkosähköjärjestelmä ja urheiluhalliin lisätään myös jäähdytysjärjestelmä sekä järjestelmän vaatimat vedenjäähdytyskoneet.

Rakennusten välillä ei kierrätetä energiavirtoja, mutta urheiluhallille toteutetaan kesäaikaisen sähkön pohjakuormalle mitoitettu aurinkosähköjärjestelmä. Hallin kaakkoisvesikatolla on noin 3 000 m<sup>2</sup> paneeleille käytettävissä olevaa tilaa ja pohjakuormalle mitoitettu noin 150 kW<sub>p</sub> aurinkosähköjärjestelmä vaatii pinta-alaa noin 1 000 m<sup>2</sup>.

Eri rakennusten energijärjestelmät:

- Urheiluhalli: kaukolämpö, vedenjäähdytyskoneet, aurinkosähkö
- Maauimala: kaukolämpö, jäteveden LTO
- Luistelumato: kylmäkoneet
- Jalkapallokenttä: kaukolämpö

## 5.3 Vaihtoehto 3: Peruskorjaus ja hukkalämpöjen hyödyntäminen

Vaihtoehdossa 3 alueen kulutuskohteisiin toteutetaan sama tekninen perusparannus, kuin vaihtoehdossa 2. Tämän lisäksi luistelumadon kylmäntuotannosta saatava lauhde johdetaan urheiluhallin vedenjäähdytyskoneille uusien siirtoputkien kautta. Urheiluhallin vedenjäähdytyskoneilla tuotetaan kylmää urheiluhallin tuloilman viilennykselle ja tämän lisäksi koneilla tuotetaan lämpöä hallin lämmitysverkostoille. Lämmitysverkostoihin tuotetaan lämpöä, mikäli urheiluhallissa tai luistelumadossa on kylmän tarvetta ja urheiluhallissa on lämmön tarvetta.

Eri rakennusten energijärjestelmät:

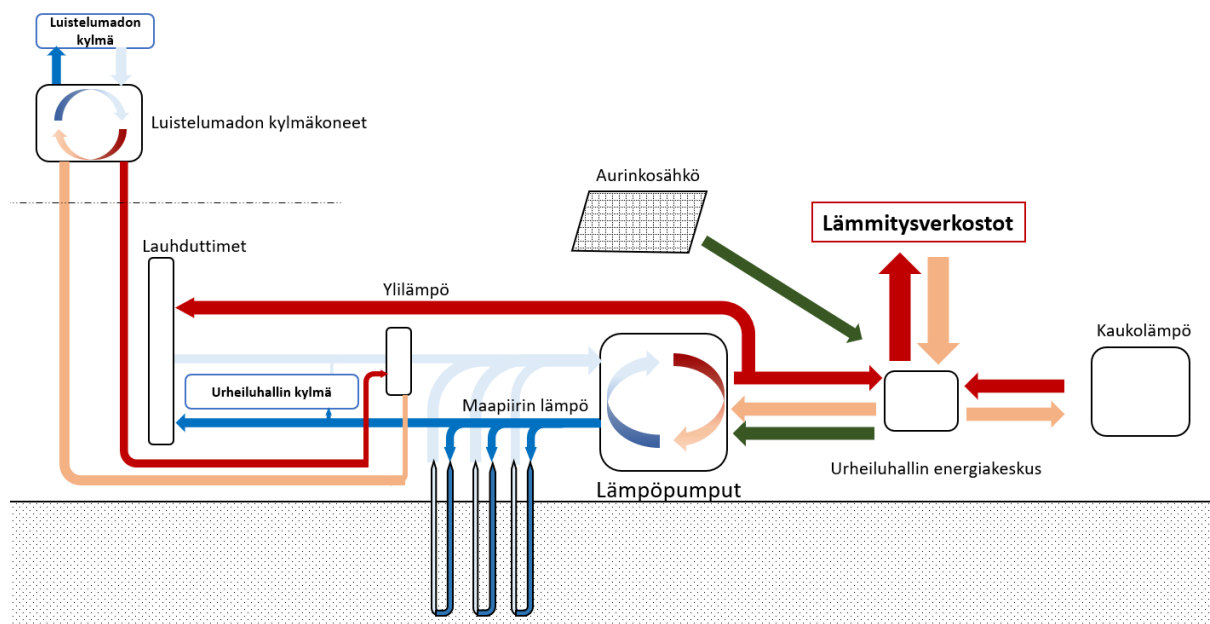
- Urheiluhalli: kaukolämpö, vedenjäähdytyskoneet, aurinkosähkö
- Maauimala: kaukolämpö, jäteveden LTO
- Luistelumato: kylmäkoneet
- Jalkapallokenttä: kaukolämpö

25.8.2020

## 5.4 Vaihtoehto 4: Peruskorjaus ja alueellinen energiajärjestelmä

Vaihtoehdossa 4 alueen kulutuskohteisiin toteutetaan sama tekninen perusparannus, kuin vaihtoehdossa 2. Alueen lämmön- ja kylmäntuotanto kuitenkin integroidaan keskitettyyn energiakeskukseen, jonka kautta jaetaan lämpöä ja kylmää eri rakennusten tarpeisiin. Luistelumadon kylmäkoneilta saatava lauhde johdetaan energiakeskuksen lämpöpumpuille. Alueellisen energiakeskuksen avulla hyödynnetään kulutuskohteiden vuoden eri ajoille jakautuvat tarpeet ja minimoidaan kokonaisuuden primäärienergioiden tarpeet. Kulutuskohteet muodostavat lämmön ja kylmän osalta paikallisen kiinteistörajat ylittävän energiayhteisön. Aurinkosähköjärjestelmän kokoa kasvatetaan ( $300 \text{ kW}_p$ ), mutta tuotettu sähkö kulutetaan energiakeskuksen kiinteistössä, sillä nykyinen sähkömarkkinalaki rajoittaa kiinteistörajat ylittävää sähkön jakelua. Energiakeskuksessa alueen tarvitsama lämpö tuotetaan kaukolämmöllä ja lämpöpumpuilla, jotka keräävät lämpöä maakentästä, ulkoilmasta ja jäähdytysjärjestelmistä. Samoja lämpöpumppuja käytetään myös urheiluhallin kylmän tuotantoon. Energiakeskuksessa varastoidaan lämpöä tasoittamaan kylmän- ja lämmön tarpeiden vuorokauden sisäisiä eroja.

Energiakeskukselle voitaisiin varata tiloja esimerkiksi urheiluhallista peruskorjauksen yhteydessä, sillä urheiluhallin sähkökeskuksesta löytyy vapaita paikkoja energiajärjestelmän laitteille. Energiakeskuksen toiminnan periaate voidaan nähdä havainnollistavasta kuvasta 3.



Kuva 3. Alueellisen energiakeskuksen toimintaperiaate.

Energiajärjestelmä koostuu seuraavista tekijöistä:

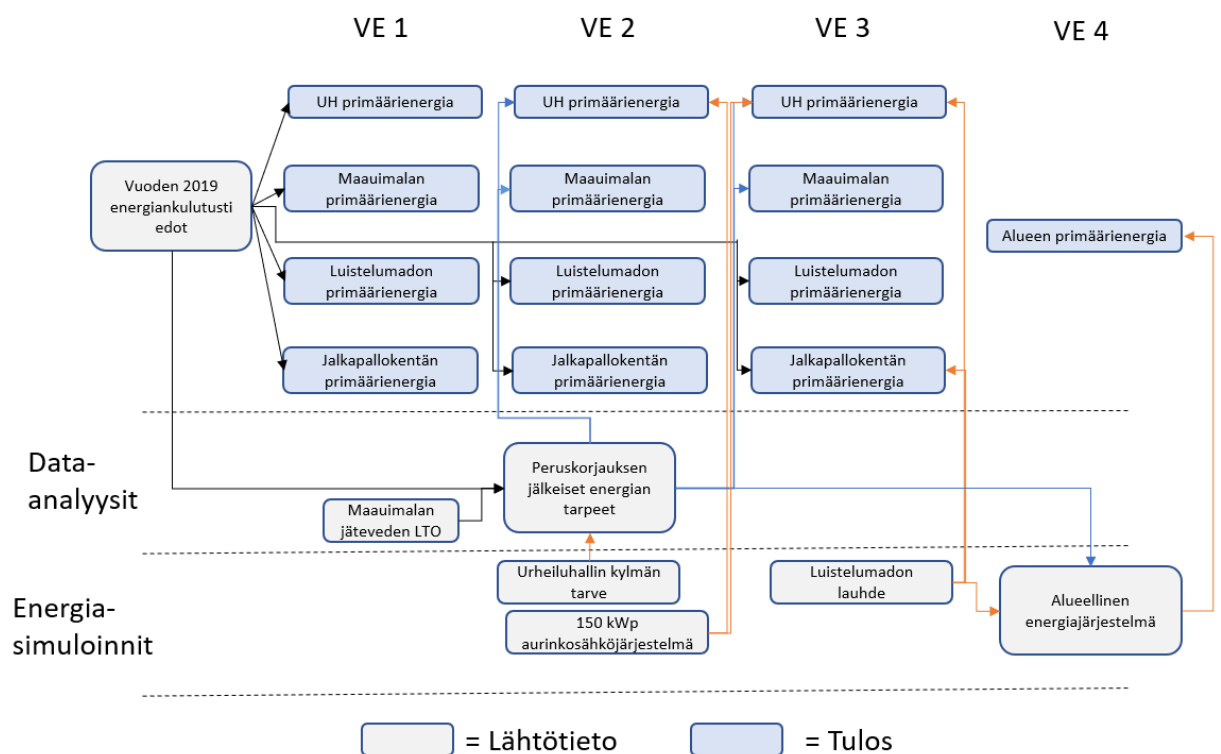
- Kaukolämpöliittymä  $\sim 1\,000 \text{ kW}$
- Lämpöpumput
  - Jäähdytysteho  $\sim 400 \text{ kW}$
  - Lämmitysteho  $\sim 600 \text{ kW}$
- Lämmön ja kylmän varaajat
- Maakenttä
- $\sim 300 \text{ kW}_p$  aurinkosähköjärjestelmä
- Ulkoasenteiset ilma-vesilämmönvaihtimet

25.8.2020

## 6 Energiämäärien määrittäminen

Primäärienergioiden nykyiset tarpeet määritettiin käytettävissä olevista lähtötiedoista. Energiasimulointi ja data-analyysit suoritettiin kohteista saatavilla olevan 2019 vuoden tuntikulutusten perusteella. Energiasimuloinnit suoritettiin primäärienergian tarpeiden määrittämiseksi tiedoille, joita ei voitu luotettavasti hankkia data-analyysillä. Urheiluhallin vuoden 2019 tuntikulutukset muokattiin valituilla kertoimilla vastaamaan peruskorjauksen jälkeistä tilaa ja profiiliin lisättiin energiasimuloimalla selvitetty kylmän tarve. Data-analyysit laadittiin maaumitalan jäteveden LTO:sta saatavalle energialle ja huuhteluprosessin lämpöenergiankulutuksen todettiin olevan LTO:n asennuksen jälkeen 13 % alkuperäisestä (Antti Heinikainen, Insinööritoimisto, Uima-altaan poistovedenlämmöntalteenotto, 2015). Data-analyysit hyödynnettiin simuloinnin sijasta, sillä saatavilla olevien lähtötietojen analysoinnilla päästiin luotettavampaan tulokseen kuin mitä energiasimuloinnilla olisi voitu saavuttaa.

Energiajärjestelmät mallinnettiin IDA ICE 4.8 ohjelmaan ja mallien avulla tutkittiin, mitä eri vaihtoehdoissa ovat energiajärjestelmien tehon ja primäärienergioiden tarpeet. Energiasimulointiohjelmaan mallinnettiin myös tutkittavat aurinkosähköjärjestelmät. Energiasimuloinneista löytyy lisätietoja lisämateriaali liitteestä. Seuraavassa kuvaajassa 8 näkyvät eri vaihtoehtojen energiankulutustietojen selvitystavat ja tehdyt data-analyysit sekä energiasimuloinnit.



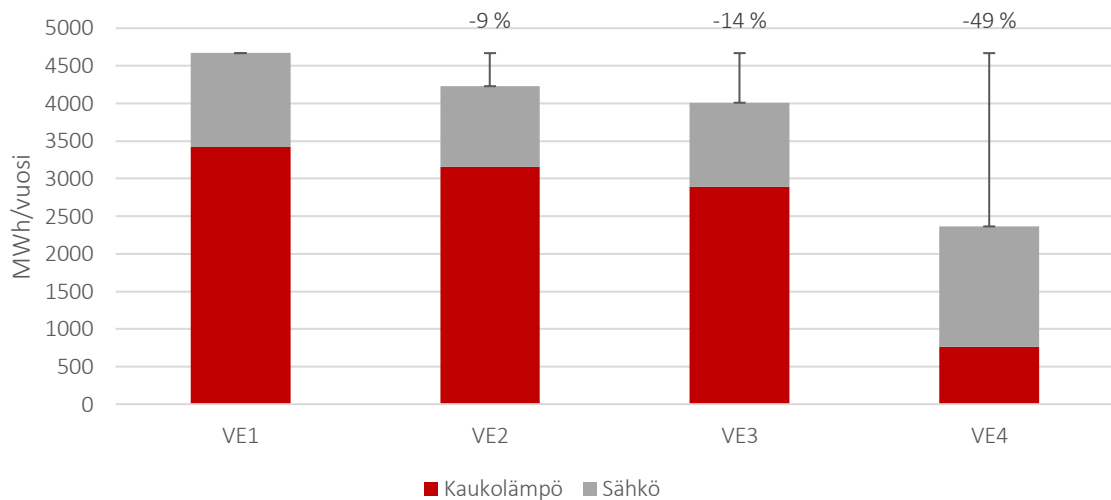
Kuvaaja 8. Eri vaihtoehtojen energiankulutustietojen selvitystavat ja tehdyt data-analyysit sekä energiasimuloinnit.

## 7 Energialaskennan tulokset

Energialaskelmat suoritettiin energiajärjestelmävaihtoehdoille, jotka ovat seuraavat:

- **VE 1: Nykytilanne**
- **VE 2: Maauimalan ja urheiluhallin tyypillinen peruskorjaus**
- **VE 3: Peruskorjaus ja hukkalämpöjen hyödyntäminen**
- **VE 4: Peruskorjaus ja alueellinen energiajärjestelmä**

Eri energiajärjestelmävaihtoehtojen primäärienergioiden tarpeet määritettiin ja ne nähdään alla olevassa kuvaajassa 9. Primäärienergioiden tarpeiden määrittystapa esitettiin kappaleesta 6.



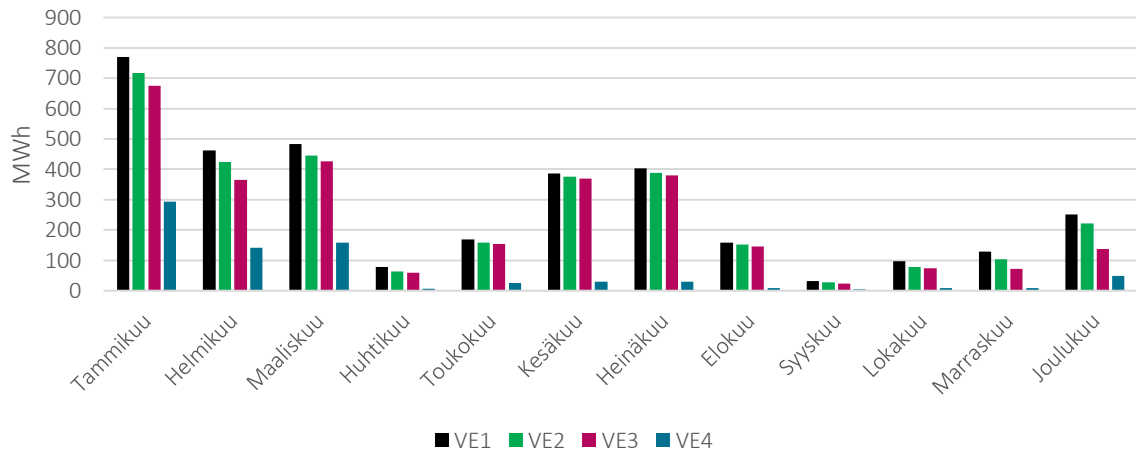
Kuvaaja 9. Alueen primäärienergian tarpeet eri vaihtoehdoilla varustetuilla energiajärjestelmillä.

Kuvaajasta 9 nähdään, nykytilanteessa (VE 1) alueen vuosittainen kaukolämmön tarve on 3 420 MWh ja vuosittainen sähkön tarve on noin 1 249 MWh. Urheiluhallin ja maaauimalan peruskorjaus (VE 2) pienentää alueen energian tarvetta noin 9 % (lämpö -260 MWh, sähkö -180 MWh). Tämä saavutetaan energiatehokkuuden parantamisella ja aurinkosähköjärjestelmän lisäämisellä. Hukkalämpöjä hyödyntämällä (VE 3) voidaan pienentää lisää alueen kaukolämmön tarvetta ja alueen energian tarve pienenee 14 % (lämpö -530 MWh, sähkö -130 MWh). Alueellisella energiajärjestelmällä (VE 4) kaukolämmön tarvetta voidaan pienentää huomattavasti lämpöpumppuja hyödyntämällä. Kun lämpöpumput huomioidaan aurinkosähköjärjestelmän mitoituksessa ja sen kokoa kasvatetaan, kasvaa sähkön kulutus vähemmän ja alueen primäärienergian tarve pienenee noin puoleen nykytilanteesta (lämpö -2660 MWh, sähkö +355 MWh).

25.8.2020

Kaukolämmön tarve kuukausitasolla näkyy kuvaajassa 10.

### Kaukolämmön tarve

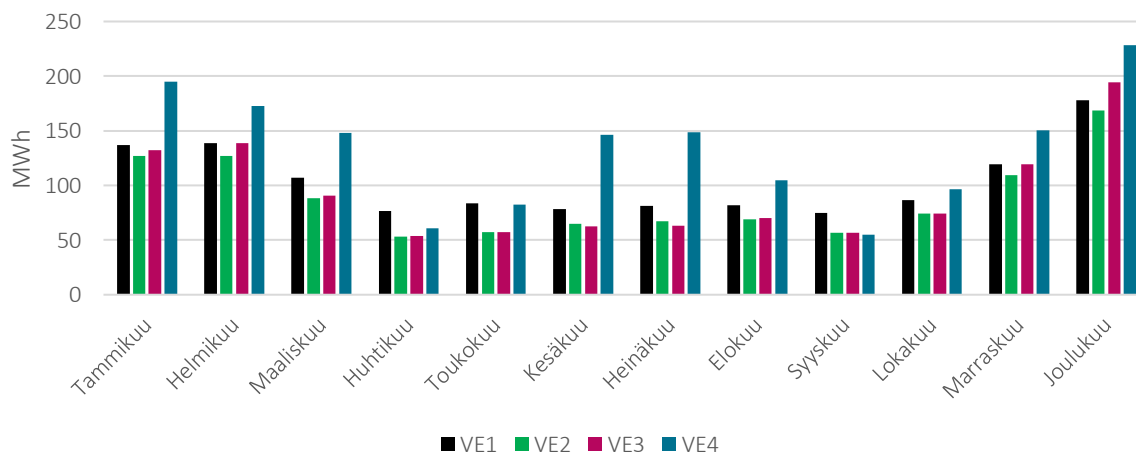


Kuvaaja 10. Alueen kaukolämmön tarve eri kuukausina eri vaihtoehdoissa.

Kuvaajasta 10 nähdään, että vaihtoehdoilla 1-3 kaukolämmön kulutuksen kuukausiprofiilit ovat saman tyyppiset. Vaihtoehdoissa 2 ja 3 kuukausikulutukset laskevat hieman lähtötilanteesta. Vaihtoehdon 4 energiaprofiili poikkeaa muista, sillä kyseisessä vaihtoehdossa merkittävä osa lämmöstä tuotetaan lämpöpumpuilla. Kesäkuukausina lähes kaikki alueen lämpö saadaan tuotettua lämpöpumpuilla ja merkittävää kaukolämmön kulutusta esiintyy vain talviaikana.

Ostosähkön tarve kuukausitasolla näkyy kuvaajassa 11.

### Ostosähkön tarve



Kuvaaja 11. Alueen ostosähkön tarve eri kuukausina eri vaihtoehdoissa.

Kuvaajasta 11 nähdään, että vaihtoehdoissa 2 ja 3 ostosähkön määrä tippuu yleisesti hieman lähtötilanteesta. Kesäaikana sähköenergian tarpeen määrä tippuu enemmän, sillä erityisesti tällöin aurinkosähkön tuotanto on merkittävää. Vaihtoehdossa 4 sähköenergian tarve on lähtötilannetta suurempaa niinä kuukausina, kun lämpöpumpuilla tuotetaan merkittävästi lämpöä. Merkittävä aurinkosähkön tuotanto aiheuttaa kuitenkin sen, että joinain kuukausina sähköenergian tarve on lähtötilannetta vähäisempää.

25.8.2020

## 8 Elinkaarikustannuslaskelmat

Elinkaarikustannuslaskelmien investointi- ja uusintakustannukset rajattiin koskemaan rakennusten energiantuotantoon liittyviä laitteita ja peruskorjausten muita kustannuksia ei sisällytetty tarkasteluun. Vaihtoehtoissa 2-4 ei siis huomioida maaumalan ja urheiluhallin tavanomaisen peruskorjauksen kustannuksia ja vaihtoehtoissa huomioidaan energijärjestelmiin liittyvät kustannukset. Elinkaarikustannukset laskettiin 25 ja 50 vuodelle. Seuraavassa kuvassa 8 näkyvät eri vaihtoehtojen investointi- ja uusintakustannuksissa huomioitavat tekijät.

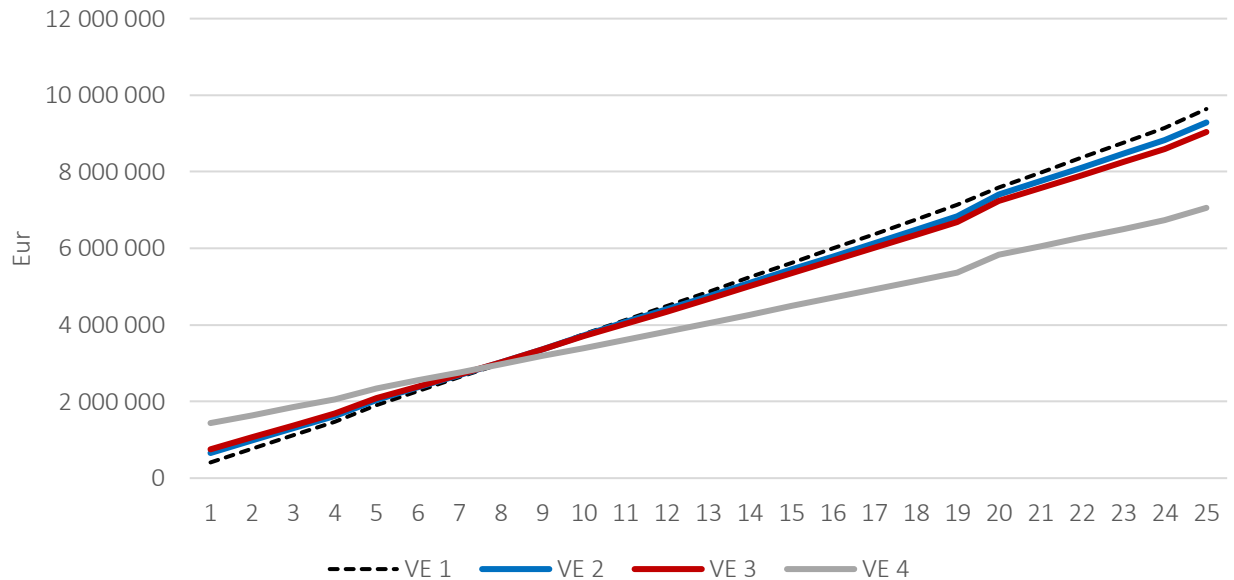
VE 1	VE 2	VE 3	VE 4
<ul style="list-style-type: none"><li>•Kaukolämpökeskukset</li><li>•Luistelumadon kylmäkoneet</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>•Kaukolämpökeskukset</li><li>•Luistelumadon kylmäkoneet</li><li>•Urheiluhallin vedenjäähdytyskoneet</li><li>•Aurinkosähköjärjestelmä</li><li>•Maaumalan LTO</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>•Kaukolämpökeskukset</li><li>•Luistelumadon kylmäkoneet</li><li>•Urheiluhallin vedenjäähdytyskoneet</li><li>•Aurinkosähköjärjestelmä</li><li>•Energian siirtoverkon kaivuu- ja putkitustyöt</li><li>•Maaumalan LTO</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>•Lämpöpumput</li><li>•Luistelumadon kylmäkoneet</li><li>•Aurinkosähköjärjestelmä</li><li>•Energiakeskus</li><li>•Maakenttä ja lauhduttimet</li><li>•Energian siirtoverkon kaivuu- ja putkitustyöt</li><li>•Maaumalan LTO</li></ul>

Kuva 4. Investointi- ja uusintakustannuksiin vaikuttavat tekijät eri tutkituille vaihtoehtoilta.

Kustannustietojen pohjana käytettiin laitteiden osalta vastaavista laitteista eri laitetoimittajilta saatuja budjettiarvioita tai näiden puuttuessa kirjallisuudesta saatuja tietoja. Investointi ja uusintakustannukset pyrittiin määrittämään mahdollisimman tarkasti, mutta investointikustannukset ovat lähtötietojen epätarkkuuden vuoksi karkeat. Tulee kuitenkin huomioida, että pitkän aikavälin elinkaaritarkasteluissa vuosittaiset käyttökustannukset muodostavat tyypillisesti suurimman osan kokonaiskustannuksista. Näiden tarkkuus on tarkastelussa suurempi ja kokonaisuutena elinkaarikustannuslaskelmien tarkkuus on riittävä osoittamaan periaatteeltaan erilaisten energiaratkaisujen väliset erot.

## 8.1 25 vuoden tarkastelu

Elinkaarikustannuslaskelmat suoritettiin eri vaihtoehdoille 1 % diskonttokorolla ja 1,5 % inflaatiolla. Tulokset voidaan nähdä alla olevassa kuvaajassa 12.



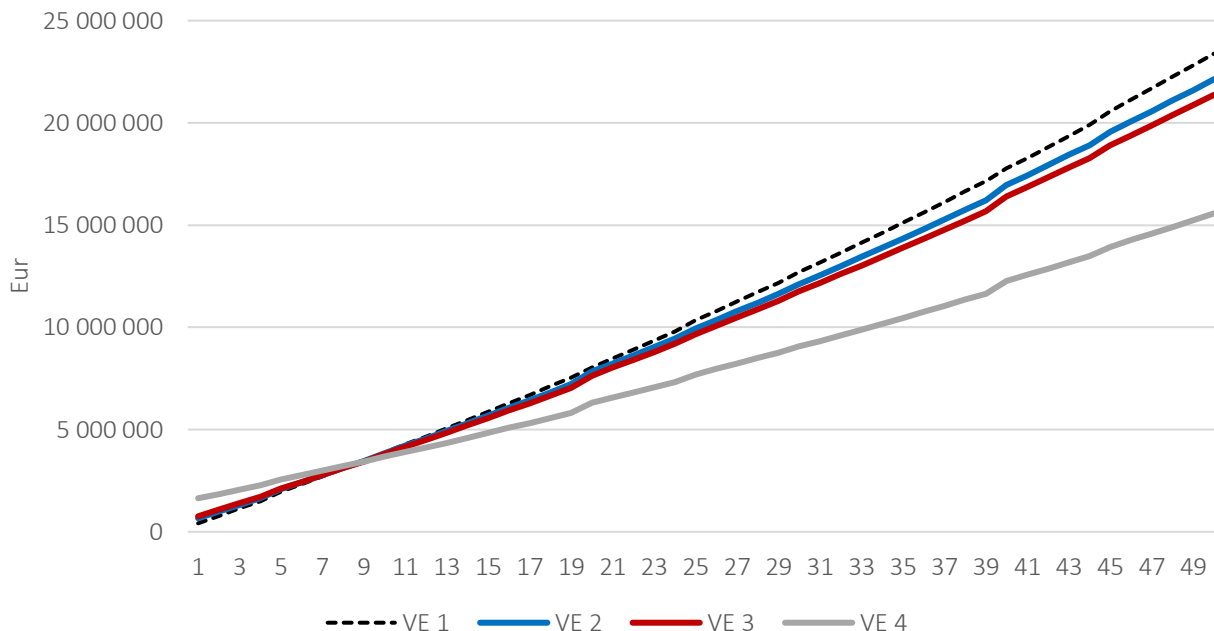
Kuvaaja 12. 25 vuoden elinkaarikustannustarkastelun tulokset.

Kuvaajasta 12 nähdään, että elinkaarikustannuksiltaan paras vaihtoehto on alueellinen energiajärjestelmä. Järjestelmä on muita vaihtoehtoja kalliimpi investointikustannuksiltaan, mutta säästöt vuosikustannuksissa ovat merkittävät. Merkittävimmät säästöt vuosikustannuksissa syntyvät halvemmasta lämpöenergian tuotannosta lämpöpumppujen avulla sekä pienemmistä kaukolämmön perusmaksuista. Lämpöpumpuilla tuotetun lämmön hinta on noin 25 Eur/MWh, kun taas kaukolämmöllä tuotetun lämmön hinta on noin 62 Eur/MWh. Vaihtoehdossa 4 maauimalan ja jalkapallokentän kaukolämpöliittymät poistetaan käytöstä ja siirretään urheiluhallin energiakeskukselle, jolle tulee vain yksi noin 1 MW kaukolämpöliittymä. Tämä laskee perusmaksuja huomattavasti. Eri vaihtoehtojen 25 vuoden elinkaarikustannukset ja investointikustannukset ovat seuraavat:

1. VE 1:
  - a. Elinkaarikustannus: 9,6 MEur
  - b. Investointikustannus: 60 tEur
2. VE 2:
  - a. Elinkaarikustannus: 9,2 MEur
  - b. Investointikustannus: 335 tEur
3. VE 3:
  - a. Elinkaarikustannus: 9 MEur
  - b. Investointikustannus: 445 tEur
4. VE 4:
  - a. Elinkaarikustannus: 7 MEur
  - b. Investointikustannus: 1 235 tEur

## 8.2 50 vuoden tarkastelu

Elinkaarikustannuslaskelmat suoritettiin eri vaihtoehdoille 1 % diskonttokorolla ja 2 % inflaatiolla. Tulokset voidaan nähdä alla olevassa kuvaajassa 13.



Kuvaaja 13. 50 vuoden elinkaarikustannustarkastelun tulokset.

Kuvaajasta 13 nähdään, että tulokset ovat vastaavia kuin 25 vuoden elinkaarikustannusten tarkastelussa ja elinkaarikustannuksiltaan paras vaihtoehto on alueellinen energijärjestelmä. Kustannusrakenne on muuten 25 vuotta vastaava, mutta maalämpökentän alkuinvestointi on hieman suurempi. Eri vaihtoehtojen 25 vuoden elinkaarikustannukset ovat seuraavat:

1. VE 1:
  - a. Elinkaarikustannus: 23,4 M€
  - b. Investointikustannus: 60 t€
2. VE 2:
  - a. Elinkaarikustannus: 22,1 M€
  - b. Investointikustannus: 335 t€
3. VE 3:
  - a. Elinkaarikustannus: 21,4 M€
  - b. Investointikustannus: 445 t€
4. VE 4:
  - a. Elinkaarikustannus: 15,6 M€
  - b. Investointikustannus: 1 435 t€



## 9 Hiilijalanjälkilaskelmat

Eri vaihtoehtojen hiilijalanjälkilaskelmissa huomioitiin tärkeimmät elinkaaren hiilijalanjälkeen vaikuttavat tekijät. Suurin osa energiajärjestelmien elinkaaren hiilijalanjäljestä aiheutuu kulutetusta primäärienergiasta, mutta laskelman tarkkuuden parantamiseksi laskelmissa huomioitiin saatavilla olevien lähtötietojen puitteissa myös eri järjestelmien merkittävät laitteet. Hiilijalanjälkilaskelmat rajattiin koskemaan rakennusten energiantuotantoon liittyviä laitteita ja peruskorjausten muita materiaaleja ei sisällytetty tarkasteluun. Vaihtoehdoissa 2-4 ei siis huomioida maauimalan ja urheiluhallin tavanomaisen peruskorjauksen materiaaleja. Elinkaaren hiilijalanjälki laskettiin 25 ja 50 vuodelle. Seuraavassa kuvassa 5 näkyvät eri vaihtoehtojen elinkaaren hiilijalanjälkilaskelmissa huomioitavat tekijät.

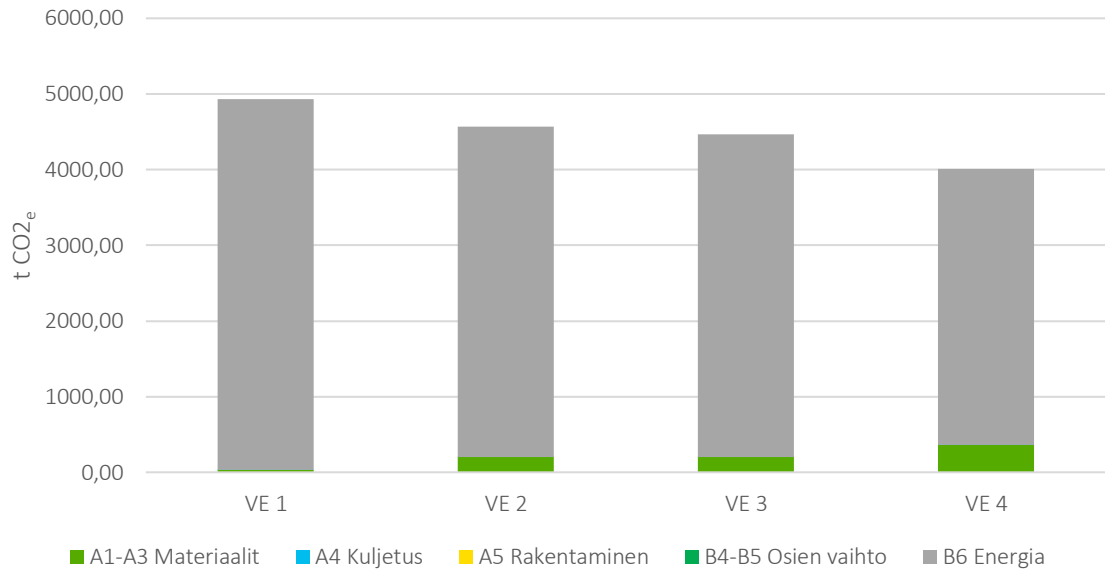
VE 1	VE 2	VE 3	VE 4
<ul style="list-style-type: none"><li>•Kaukolämpökeskukset</li><li>•Luistelumadon kylmäkoneet</li><li>•Kulutettu sähkö ja kaukolämpö</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>•Kaukolämpökeskukset</li><li>•Luistelumadon kylmäkoneet</li><li>•Urheiluhallin vedenjäähdytyskoneet</li><li>•Aurinkosähköjärjestelmä</li><li>•Kulutettu sähkö ja kaukolämpö</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>•Kaukolämpökeskukset</li><li>•Luistelumadon kylmäkoneet</li><li>•Urheiluhallin vedenjäähdytyskoneet</li><li>•Aurinkosähköjärjestelmä</li><li>•Kulutettu sähkö ja kaukolämpö</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>•Lämpöpumput</li><li>•Luistelumadon kylmäkoneet</li><li>•Aurinkosähköjärjestelmä</li><li>•Energiakeskus</li><li>•Lauhduuttimet</li><li>•Kulutettu sähkö ja kaukolämpö</li></ul>

Kuva 5. hiilijalanjälkilaskelmissa huomioitavat tekijät eri tutkituille vaihtoehdoille.

Elinkaaren hiilijalanjälkilaskelmat suoritettiin One Click LCA ohjelmistolla. Primäärienergioiden ominaispäästöt perustuivat 50 vuoden tarkastelussa Suomen sähköverkon keskiarvoon (50 vuoden skenaario) ja Turku Energian kaukolämmön tulevaisuuden 50 vuoden skenaarioon. 25 vuoden tarkastelussa primäärienergioiden ominaispäästöt perustuivat Suomen sähköverkon keskiarvoon (25 vuoden skenaario) ja Turku Energian kaukolämmön tulevaisuuden 25 vuoden skenaarioon. Laitteiden elinkaaren päästövaikutukset perustuvat One Click LCA:n tietokannoista saataviin arvoihin.

## 9.1 25 vuoden tarkastelu

Eri energiajärjestelmien 25 vuoden elinkaaren hiilijalanjälkilaskelmat suoritettiin One Click LCA:lla ja tulokset voidaan nähdä seuraavassa kuvaajassa 14.

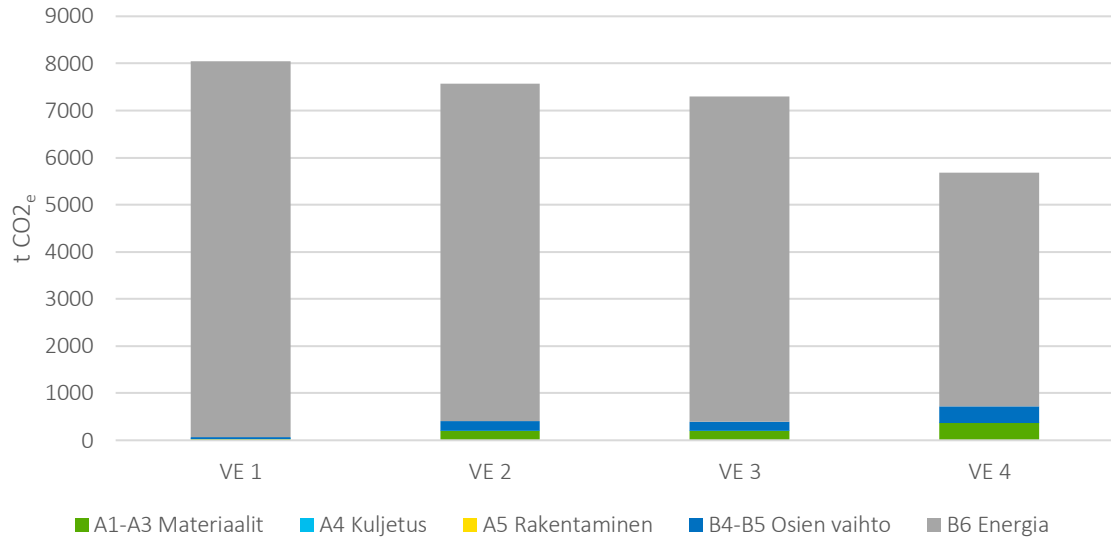


Kuvaaja 14. 25 vuoden elinkaaren hiilijalanjälki eri energiajärjestelmille.

Kuvaajasta 14 nähdään, että alueellisella energiajärjestelmällä on 25 vuoden tarkastelujaksolla pienin ilmasto lämmittävä vaikutus. Järjestelmän ilmasto lämmittävä vaikutus on noin 4000 tCO<sub>2e</sub>, kun taas tyypillisen peruskorjauksen jälkeisen skenaarion ilmasto lämmittävä vaikutus on noin 4600 tCO<sub>2e</sub>. Päästöt pienenevät siis tästä vaihtoehdosta noin 13 %. Primäärienergioiden kulutus pienenee vaihtoehdossa 4 noin 50 %, mutta elinkaaren päästövaikutuksissa vaikutus ei ole näin suuri, sillä Turku Energian kaukolämmön päästöjen oletetaan laskevan seuraavan 25 vuoden aikana erittäin voimakkaasti, kun taas sähköverkon päästöjen oletetaan laskevan enemmän vasta kauempana tulevaisuudessa. Vaihtoehdossa 4 kaukolämmön kulutus on merkittävästi muita vaihtoehtoja pienempää, mutta sähkön kulutus on suurempaa, joten vaikutus päästöihin ei ole yhtä suuri kuin vaikutus primäärienergiöihin. Kuvaajasta nähdään myös, että laitteiden merkitys eri vaihtoehdoissa on pieni ja muun kuin energian osuus koostuu suurimmaksi osaksi aurinkosähköjärjestelmästä.

## 9.2 50 vuoden tarkastelu

Eri energiajärjestelmien 50 vuoden elinkaaren hiilijalanjälkilaskelmat suoritettiin One Click LCA:lla ja tulokset voidaan nähdä seuraavassa kuvaajassa 15.



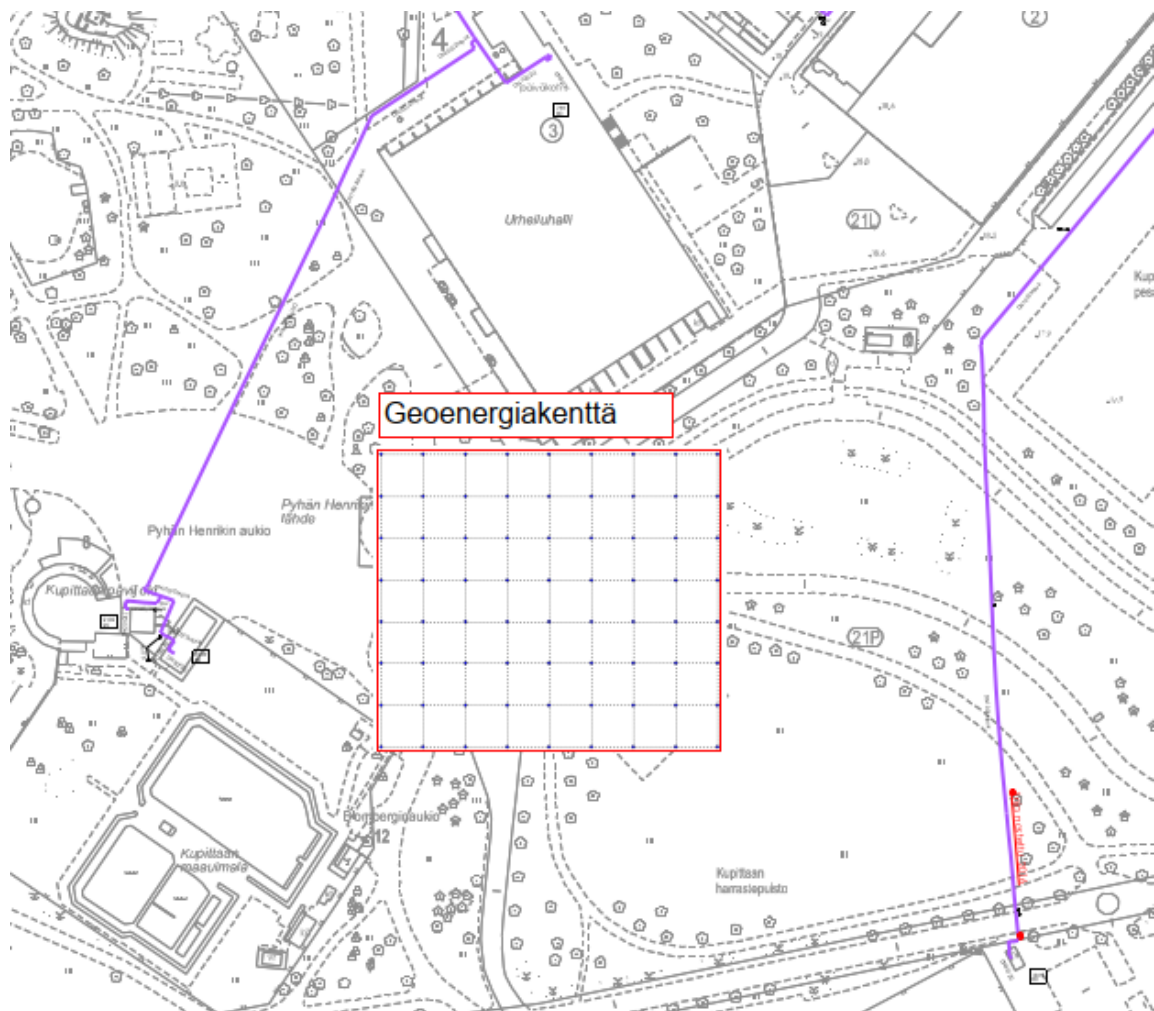
Kuvaaja 15. 50 vuoden elinkaaren hiilijalanjälki eri energiajärjestelmille.

Kuvaajasta 15 nähdään, että alueellisella energiajärjestelmällä on 50 vuoden tarkastelujaksolla pienin ilmasto lämmittävä vaikutus. Järjestelmän ilmasto lämmittävä vaikutus on noin 5700 tCO<sub>2e</sub>, kun taas tyypillisen peruskorjauksen jälkeisen skenaarion ilmasto lämmittävä vaikutus on noin 7600 tCO<sub>2e</sub>. Päästöt pienenevät siis tästä vaihtoehdosta noin 25 %. Primäärienergioiden kulutus pienenee vaihtoehdossa 4 noin 50 %, mutta elinkaaren päästövaikutuksissa vaikutus ei ole näin suuri, sillä Turku Energian kaukolämmön päästöjen oletetaan laskevan 50 vuoden aikana merkittävästi sähkön ominaispäästöjä enemmän. Vaihtoehdossa 4 kaukolämmön kulutus on merkittävästi muita vaihtoehtoja pienempää, mutta sähkön kulutus on suurempaa, joten vaikutus päästöihin ei ole yhtä suuri kuin vaikutus primäärienergioihin. Kuvaajasta nähdään myös, että laitteiden merkitys eri vaihtoehdoissa on pieni ja muun kuin energian osuus koostuu suurimmaksi osaksi aurinkosähköjärjestelmästä.

## 10 Tekninen toteutettavuus

### 10.1 Geoenergiakenttä

Alueellisen energiajärjestelmän tarvitseman geoenergiakentän toteutettavuuden selvittämiseksi tutkittiin tarvittavien geoenergiakaivojen määrä EED 4.19 -ohjelmalla hyödyntäen energiasimuloinneista saatua tuntidataa maakentän energiataseesta. Alueen kallioperälle ei ole tehty TRT-mittausta, joten EED -simuloinnissa käytettiin kallioperälle (granodioriitti) kivilaadun keskiarvolukemaa lämmönjohtavuudesta ( $3,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) ja kallioperän lämpötilan oletettiin olevan Etelä-Suomen rakennetulle ympäristölle tyypillinen  $6 \text{ }^\circ\text{C}$ . Geoenergiakentän toiminnan tarkastelulla tutkittiin geoenergiakentän karkea koko, jotta nähtiin, onko tarvittava geoenergiakenttä toteutettavissa alueelle. Koska kentän lämpöenergiatase on vuositason negatiivinen, vaikuttaa kentän mitoittamiseen sen käyttövuosien lukumäärä. Kentän koko määritettiin 50 ja 25 vuoden käyttöajanjaksoille. 50 käyttövuodelle mitoitettu geoenergiakenttä alueen mittakaavassa voidaan nähdä kuvasta 6.

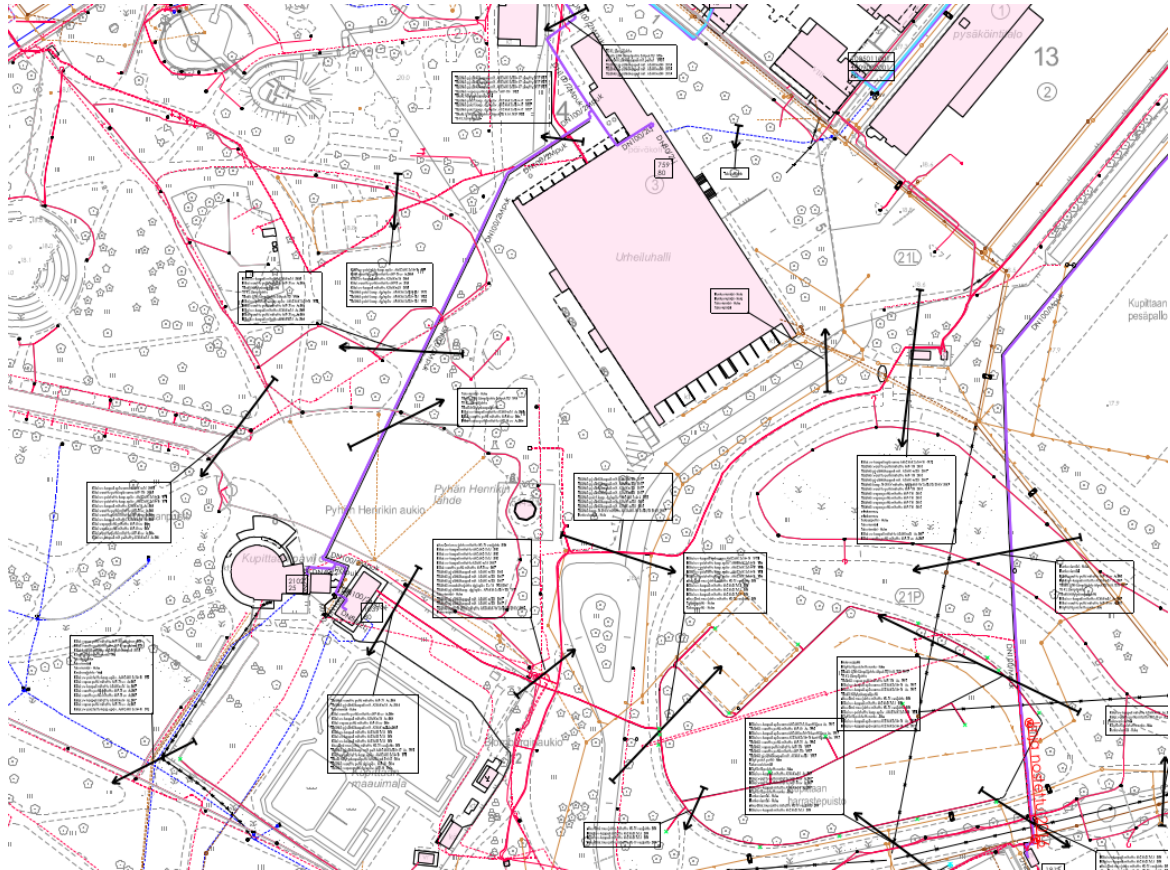


Kuva 6. Simuloitu EED -kenttä alueen mittakaavassa.

Kuvasta 6 nähdään, että alueella on riittävästi tilaa 50 vuoden käytölle mitoitetun 72 geoenergiakaivon maakentän toteuttamiseen. 25 vuodelle mitoitetulle kentälle riittää noin 52 geoenergiakaivoa. Kentän mitoitus on karkea, sillä tarvittava kenttä riippuu tarkasta kentän muodosta, alueen geologisista ominaisuuksista ja kulutuskohteiden tulevista energian tarpeista, joissa kaikissa on toistaiseksi epävarmuutta. Tulokset ovatkin suuntaa antavia, mutta riittävän tarkkoja todistamaan sen, että geoenergiakenttä voidaan toteuttaa pinta-alan puolesta alueelle. Alueella kulkee kuitenkin

25.8.2020

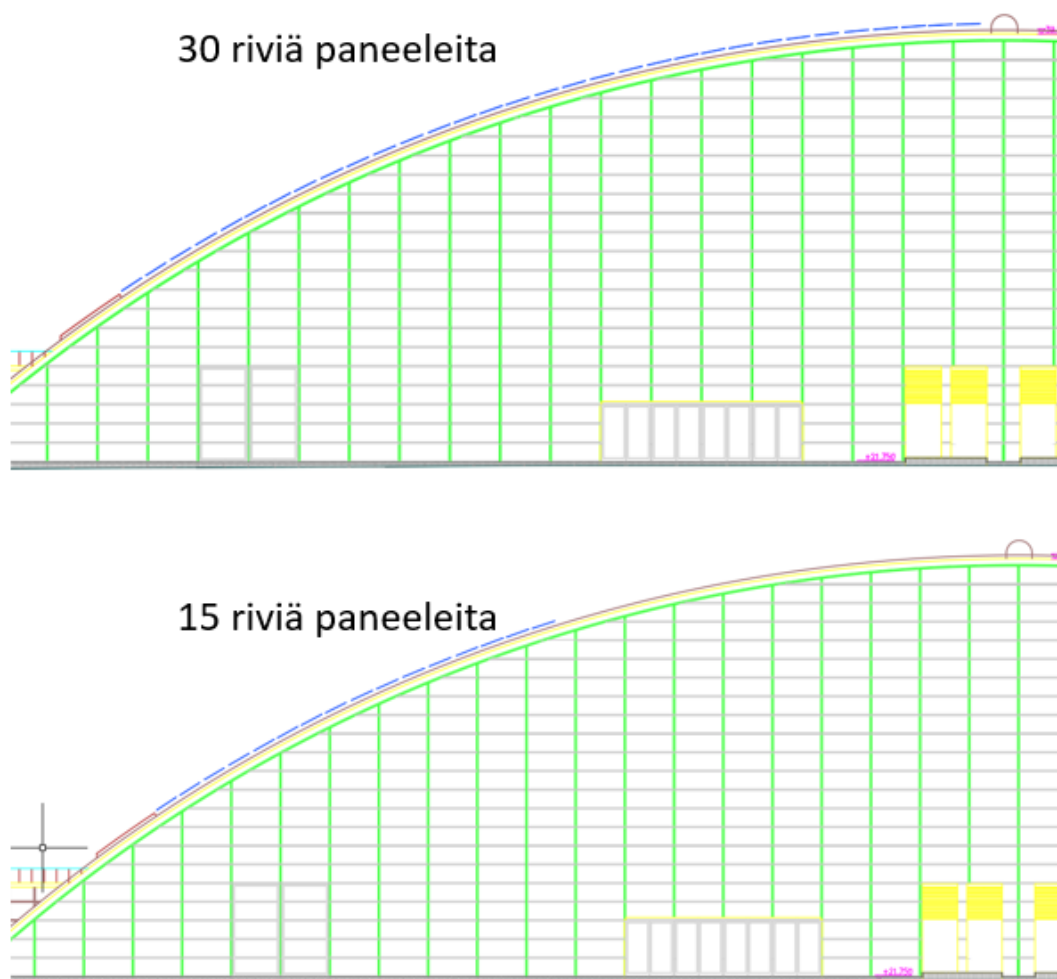
erittäin paljon erilaisia maanalaisia johtoja (viemärit, sähkölinjat, kaukolämpölinjat, vesiputket yms.), jotka voivat aiheuttaa haasteita kentän toteutukselle. Linjat voivat tehdä myös eri energiajärjestelmien vaatimien kulutuskohteiden välisten siirtoputkien toteuttamisen haastavaksi. Johtokartta voidaan nähdä kuvassa 7.



Kuva 7. Kupittaaan liikunta-alueen johtokartta.

## 10.2 Aurinkosähköjärjestelmä

Ilkivallan ehkäisemiseksi ja aurinkosähkön tuotannon maksimoimiseksi aurinkopaneelit ovat alueella paras sijoittaa rakennusten vesikatolle. Urheiluhallin vesikaton pinta-ala on suuri ja mahdollistaa pelkällä aurinkoisemman kaakkoispuolen hyödyntämisellä erittäin suuren aurinkosähköjärjestelmän toteuttamisen. Tyypilliset Suomessa asennettavat aurinkopaneelit ovat kooltaan n. 1 m x 1.7 m, joita vaaka-asennettuina voidaan asentaa yhteen riviin urheiluhallin vesikatolle noin 36 kappaletta. Paneelien teho vaihtelee mallikohtaisesti, mutta on tyypillisesti noin 275 – 300 W<sub>p</sub>/paneeli. Tällöin vesikatolle tulisi 150 kW<sub>p</sub> järjestelmälle asentaa noin 15 paneeliriviä ja 300 kW<sub>p</sub> järjestelmälle asentaa noin 30 paneeliriviä. Paneelirivit urheiluhallin vesikatolla voidaan nähdä kuvassa 8.



Kuva 8. Paneelirivit urheiluhallin vesikatolla. (paneelirivit sininä viivoina vesikaton yläpuolella)

Aurinkosähköjärjestelmän toteuttamismahdollisuuden ratkaisevaksi tekijäksi jää urheiluhallin katon kantavuus, joka selviää tarkemmin urheiluhallin kattopalkkien kuntotutkimuksen myötä. Paneelien paino vaihtelee mallikohtaisesti, mutta on noin 20 kg/paneeli. Tällöin urheiluhallin vesikaton tulisi pystyä kannattelemaan noin 10 tonnin (150 kW<sub>p</sub>) tai 20 tonnin (300 kW<sub>p</sub>) lisäkuorma. Vesikaton kantavuus ja aurinkopaneelien toteutettavuus tulisi tarkemmin selvittää urheiluhallin peruskorjauksen hankesuunnittelun yhteydessä.

25.8.2020

### 10.3 Alueellisen energiajärjestelmän energiakeskus

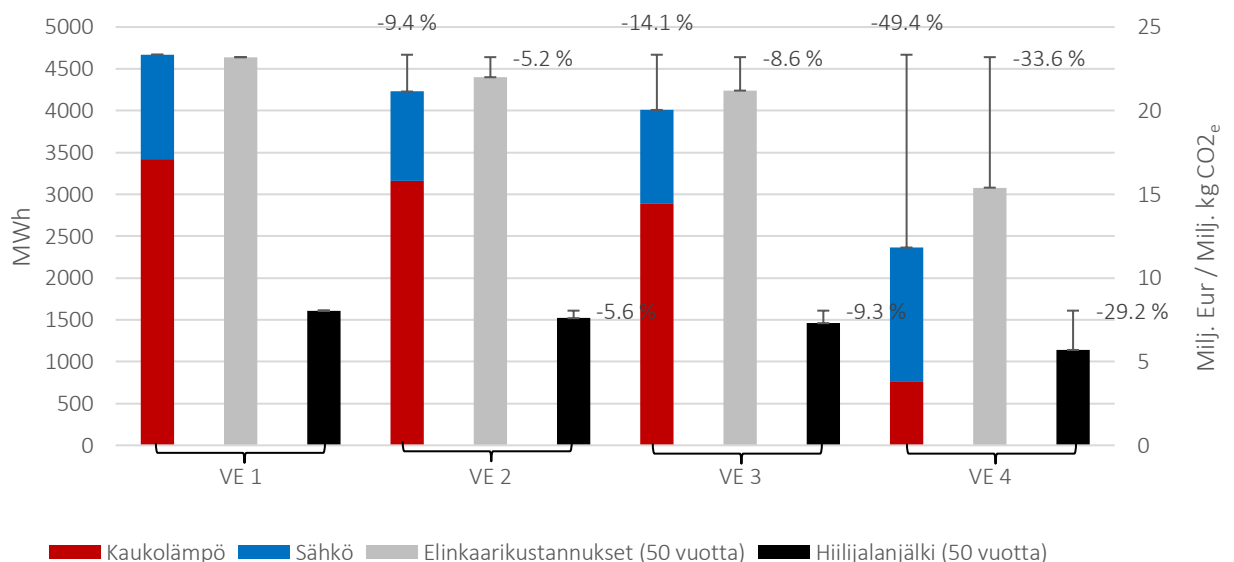
Energiakeskus koostuu tyypillisistä suuren lämpöpumppujärjestelmän tarvitsemista laitteista. Järjestelmä ei tarvitse pitkäaikaista energian varastointia ja varaajakapasiteetti mitoitetaan lyhyempien vaihteluiden tasoittamiseen, joten järjestelmän tilan tarve ei ole erityisen suuri ja on todennäköistä, että järjestelmälle voitaisiin löytää tekniset tilat urheiluhallista sen peruskorjauksen yhteydessä. Lämpöpumppujärjestelmä koostuu useista lämpöpumpuista, jotka kykenevät höyrystin- ja lauhdepuolilla toimimaan vaihtelevilla lämpötilatasoilla. Tällaisia järjestelmiä on yleisesti toiminnassa ja tekniikka on tavanomaista. Luistelumadon kylmäjärjestelmän lauhteen talteenotto on toteutettu periaatteella, jota on sovellettu Suomessa esimerkiksi jäähalleissa vastaavan mallisille kylmäkoneille kuin mitä luistelumadossa on käytössä. Energiakeskuksen periaate on jo siis käytännössä olemassa olevissa kohteissa todettu toimivaksi ja tekniikka on tavanomaista.



## 11 Tulokset ja johtopäätökset

Alueen energiakokonaisuudelle muodostettiin lähtötilanteen analyysin pohjalta neljä vertailtavaa energiajärjestelmien vaihtoehtoa. Nykytilanteen skenaario (VE 1) kuvastaa nykyisen tilanteen jatkumista. Vaihtoehto 2 kuvastaa urheiluhallin ja maauimalan tyyppillistä peruskorjausta ilman hukkaenergioiden hyödyntämistä. Vaihtoehdossa 3 peruskorjauksen yhteydessä hyödynnetään myös alueen hukkalämmöt. Vaihtoehdossa 4 on korvattu merkittävä määrä alueen kaukolämmön kulutuksesta lämpöpumpuilla ja tuotettu mahdollisimman suuri osa energiajärjestelmän sekä urheiluhallin tarvitsemasta sähköstä aurinkosähköllä. Vaihtoehdossa on pyritty noudattamaan Suomen lämpöenergian tuotannosta tehtyjä tutkimuksia, joiden mukaan Suomen lämmöntuotannon hiilineutraalisuuden saavuttaminen tulee vaatimaan merkittävää lämmöntuotannon sähköistämistä lämpöpumppujen avulla. Kaukolämpö on kuitenkin jätetty vaihtoehtoon rinnalle merkittäväksi lämmönlähteeksi. Lämpöpumppujen lämmöntuotannon lämmönlähteenä toimii tässä vaihtoehdossa geotermienergia, ulkoilma ja luistelumadon lauhde.

Kaikille vaihtoehtoille määritettiin vuosittainen primäärienergiankulutus, elinkaarikustannukset ja elinkaaren hiilijalanjälki, jotka nähdään alla olevassa kuvaajassa 1.

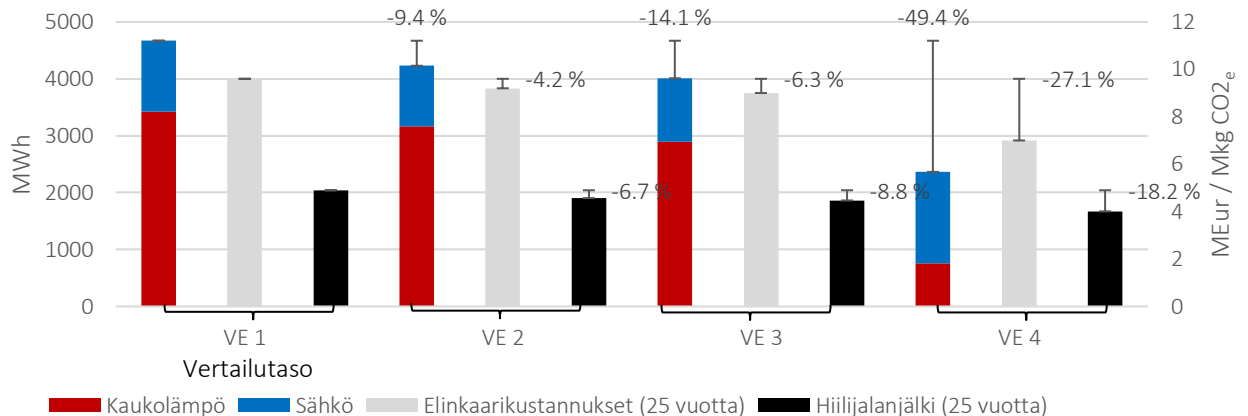


Kuvaaja 1. Eri vaihtoehtojen vuosittainen primäärienergian tarve ja elinkaarikustannukset sekä elinkaaren hiilijalanjälki.

Kuvaajassa on vasemmalla y-akselilla vuosittainen kulutettu kaukolämpö sekä verkkosähkö ja oikealla y-akselilla elinkaarikustannukset sekä elinkaaren hiilijalanjälki. Kuvaajasta nähdään, että tyyppillisellä urheiluhallin ja maauimalan peruskorjauksella (VE 2) on maltilliset vaikutukset alueen energiankulutukseen sekä elinkaaren kustannuksiin ja hiilijalanjälkeen. Hukkaenergioiden tehokkaamalla hyödyntämisellä (VE 3) energiankulutus ja hiilijalanjälki tippuvat merkittävästi. Myös elinkaarikustannukset tippuvat hieman. Vaihtoehdolla 4 on huomattava vaikutus kaikissa tutkituissa vaikutuskategorioissa.



Tarkastelun tulokset 25 vuoden aikajaksolle nähdään kuvaajassa 2.



Kuvaaja 2. Eri vaihtoehtojen vuosittainen primäärienergian tarve ja elinkaarikustannukset sekä elinkaaren hiilijalanjälki 25 vuoden aikajaksolla.

Kuvaajasta 2 nähdään, että 25 vuoden tarkastelujaksolla vaihtoehtojen 2 ja 3 suhteelliset kustannus- sekä hiilijalanjälkihyödyt ovat maltillisemmat, kuin 50 vuoden tarkastelussa. Näiden vaihtoehtojen alkuinvestointi on merkittävästi vaihtoehtoja 1 ja 2 suurempi, mutta niiden vuosikustannukset ovat pienemmät. Tästä syystä niiden kannattavuus korostuu pidemmällä aikavälillä. Vaihtoehdoissa korvataan kaukolämpöä lämpöpumpuilla tuotetulla lämmöllä ja kaukolämmön päästöskenaario on Turussa seuraavalla 25 vuodelle sähköä suotuisampi ja tästä syystä 25 vuoden aikajaksolla vaikutus hiilijalanjälkeen on vaihtoehdoissa 3 ja 4 50 vuotta suhteellisesti pienempi.

Vaihtoehdon 4 suuri vaikutus johtuu pääsääntöisesti seuraavista asioista:

- Energia
  - Lämpöpumpuilla tuotetaan pääsääntöisesti matalan lämpötilatason verkostoihin lämpöä korkealla hyötysuhteella hukkalämmönlähteistä, ulkoilmasta ja geoenergiakentästä. Tämä kerätty uusiutuva energia vähentää kaukolämmön tarvetta.
  - Suuremman mitoituksen aurinkosähköjärjestelmä vähentää merkittävästi ostosähkön tarvetta
- Elinkaarikustannukset
  - Useiden rinnakkaisten kaukolämpöliittymien keskittäminen yhteen energiakeskukseen laskee kaukolämmön perusmaksuja
  - Lämpöpumpuilla tuotetaan merkittävä määrä lämpöä huomattavasti kaukolämpöä halvemmalla keskihinnalla
  - Aurinkosähköllä lasketaan kulutetun sähkö kustannuksia
- Hiilijalanjälki
  - Merkittävä määrä kaukolämpöä korvataan pienen ominaispäästön uusiutuvilla energianlähteillä.

Alueen energiaa, elinkaarikustannuksia ja hiilijalanjälkeä voitaisiin vielä hieman pienentää lisää kasvattamalla aurinkosähköjärjestelmän kokoa ja siirtämällä tuotettua sähköä myös urheiluhallin sekä energiakeskuksen ulkopuolelle muihin kulutuskohteisiin. Siirto vaatisi kuitenkin luvan sähköverkko-yhtiöltä ja ei täten ole täydellä varmuudella toteutettavissa. Mahdollisuus on kuitenkin hyvä tiedostaa aluetta kehitettäessä tulevaisuudessa.

25.8.2020

Alueen maauimalan ja urheiluhallin tulevaisuuden korjausskenaarioissa on vielä epävarmuutta ja näiden kohteiden tulevaisuuden näkymät tarkentuvat tulevien kuntotutkimusten myötä. Tämän vuoksi myös tässä työssä käytetyt lähtötiedot tulevat varmasti poikkeamaan tulevaisuuden tilanteesta. Alueen tulevat energiajakaumat tulevat kuitenkin vastaamaan pääosin analyysissä käytetyt ja tästä syystä työn johtopäätökset ja suositukset ovat oleellisia ja ne tulisi huomioida aluetta kehitettäessä.

Alueella tulisikin hyödyntää laajamittaisesti lämpöpumppuja lämmön tuotannossa. Alueen lämmön- ja kylmäntuotanto tulisi integroida mahdollisimman kattavasti samaan energiakeskukseen, jotta hukkaenergioiden ja alueen eri ajoille sijoittuvien energiantarpeiden tuomat hyödyt voitaisiin hyödyntää tehokkaasti. Koska merkittävä osa alueen lämpöenergian tarpeesta sijoittuu kesäajalle, tulisi lämpöpumppujen lämmönlähteenä käyttää kesäisin ulkoilmaa, jota käytettäisiin myös geoenergiakentän regenerointiin. Näin pienennettäisiin huomattavasti järjestelmän tarvitsemää geoenergiakenttää. Talviaikana geoenergiakenttää käytettäisiin luistelumadon lauhteen kanssa lämpöpumppujen lämmönlähteenä. Jos urheiluhallin katon kantavuus todetaan riittäväksi, voidaan se varustaa noin 300 kW<sub>p</sub> aurinkosähköjärjestelmällä, joka tuottaa sähköä energiajärjestelmän lämpöpumpuille ja urheiluhallille. Jos sähkön jakaminen myös muille kulutuskohteille todetaan mahdolliseksi, voidaan järjestelmän kokoa kasvattaa noin 50 kW<sub>p</sub>. Kehitysmahdollisuudet tulisi huomioida, kun urheiluhallin ja maauimalan korjausten hankesuunnitelmia laaditaan. Hankesuunnitelmien yhteydessä tehtyjä tarkasteluita voitaisiin tarkentaa mahdollisesti muuttuneeseen tilanteeseen ja tutkia miten tämän tutkimuksen suositukset voidaan hankesuunnitelmassa huomioida.

Hankkeen aikana alueen kohteisiin suoritettiin myös kohdekierrokset, joiden yhteydessä tutkittiin työn lähtötiedoksi kohteiden olemassa olevia järjestelmiä. Kierroksella ilmeni tutkimusten ohessa, että kohteiden automatiikka ei välttämättä toimi optimaalisella tavalla ja esimerkiksi lämmitetyssä jalkapallokentässä voitaisiin erilaisella säätötavalla säästää merkittäviä määriä lämpöenergiaa. Kohteisiin olisikin suositeltavaa toteuttaa talotekninen toiminnanvarmistus, jossa käytäisiin kattavammin läpi nykyisten laitteiden toiminta, jonka pohjalta laitteiden toiminta voitaisiin säätää optimaaliseksi.