
AURINKOSÄHKÖN JA -LÄMMÖN HYÖDYNTÄMINEN JA KAUSIVARASTOINTI

AURINKOSÄHKÖ

Aurinkosähkön käyttö suoraan kohteessa on kustannustehokkainta. Tällöin laitteiston mitoitus tehdään siten että tuotto kulutetaan kokonaisuudessaan itse. Koska suurin tuotto saadaan kesäaikaan, voidaan sähkö käyttää esimerkiksi tilojen viilentämiseen. Aurinkopaneeleilla saavutetaan tuplahyöty, jos ne sijoitetaan esimerkiksi varjostamaan auringonpuoleisia ikkunoita ja siten vähennetään viilennyksen tarvetta. Paneeleilta voidaan käyttää myös osana julkisivua ja tulevaisuudessa voi olla mahdollista saada aurinkosähköä esimerkiksi ikkunoista.

Verkkoon liitetty aurinkosähköjärjestelmä

Verkkoon liitetyn aurinkosähköjärjestelmän pääkomponentit ovat aurinkopaneeli(t) ja vaihtosuuntaaja eli invertteri, joka on joko 1- tai 3-vaiheinen. Aurinkopaneelit tuottavat tasavirtaa, joka muutetaan invertterin avulla vaihtovirraksi, joka vastaa kiinteistön sähköverkon sekä jakeluverkon vaatimuksia.

Aurinkopaneelit kytketään invertterin kautta kiinteistön sähköjärjestelmään (sähköpääkeskus). Sähköverkkoon kytketty järjestelmä ei ilman lisätoimenpiteitä toimi itsenäisenä saarekkeena, joten aurinkosähkö ei takaa sähkön saantia verkon sähkökatkojen aikana.

1-vaiheinen invertteri kytketään verkon yhteen vaiheeseen (kolmesta mahdollisesta). Tämä tarkoittaa, että tuotettua aurinkosähköä voivat hyödyntää vain kyseiseen vaiheeseen kytketyt sähkölaitteet. 1-vaiheiset invertterit ovat tällä hetkellä käytännössä ainoa vaihtoehto pieniin (alle 3 kWp) järjestelmiin, sillä markkinoilla ei ole saatavilla pieniä 3-vaiheisia inverttereitä.

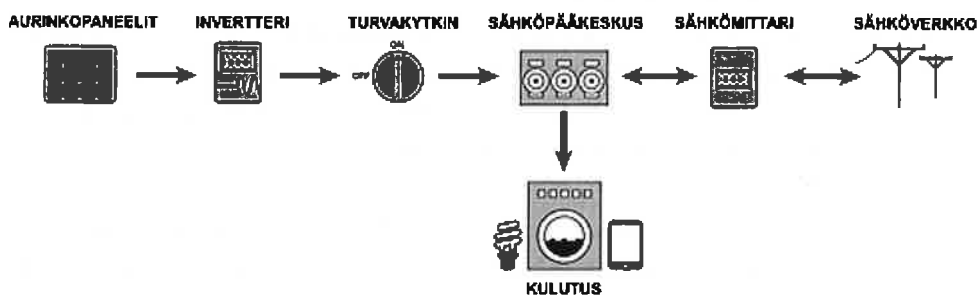
3-vaiheinen invertteri palvelee verkon kaikkia kolmea vaihetta. Normaalisti 3-vaiheisilla inverttereillä saadaan aurinkosähköjärjestelmästä suurin hyöty, sillä sen avulla tuotettua sähköä voidaan syöttää kaikkiin kohteen sähkölaitteisiin. 3-vaiheisesta invertteristä saatava hyöty riippuu kuitenkin siitä, miten sähkölaitteet on ryhmitelty ja millaisia laitteita kohteessa on.

Sähkön syöttö jakeluverkkoon on vähemmän kannattavaa kuin sen käyttö omaan tarpeeseen. Verkkoon syötettävän sähkön määrä voidaan minimoida siten, että kaikissa kolmessa vaiheessa on laitteita päällä silloin, kun aurinkosähköjärjestelmä tuottaa sähköä. Mikäli vain yhdessä tai kahdessa vaiheessa on laitteita päällä, ilman kuormia olevaan vaiheeseen/vaiheisiin syötetty sähkö siirtyy verkkoon.

Suurta sähkötehoa tarvitsevat laitteet, kuten lämminvesivaraajat, kiukaat ja liedet on tavallisesti kytketty verkon kaikkiin kolmeen vaiheeseen, jolloin 3-vaiheinen invertteri palvelee aurinkoisina hetkinä näitä laitteita kaikkien kolmen vaiheen kautta. Pienimpien 3-vaiheisten invertterien kokonaisteho on noin 3 kW.

Kiinteistökokoluokan verkkoon kytketyissä järjestelmissä vaaditaan paneelien ja invertterien lisäksi kaapelit laitteiden kytkentöjä varten. Suojalaitteet ja tasavirtapiirin turvakytkin ovat järjestelmässä pakollisia, mutta ne on yleensä integroitu invertteriin. Mikäli invertteri ei sisällä tarpeellisia suojuksia, ne on asennettava erikseen.

Lisäksi kiinteistön aurinkosähköjärjestelmän on oltava erotettavissa sähköverkosta luokitavalla vaihtovirtapiirin turvakytkimellä, johon verkkoyhtiöllä on oltava vapaa pääsy. Kytkin sijaitsee invertterin ja pääkeskuksen (tai ryhmäkeskuksen) välissä. Järjestelmään kuuluu myös kiinteistön energiamittari, jolla mitataan verkkoon syötettyä ja sieltä otettua tehoa. Energiamittari on sähkönjakeluverkonhaltijan vastuulla, joten aurinkosähköjärjestelmän käyttäjän ei tarvitse huolehtia mittarin hankinnasta. Verkkoon kytketyn aurinkosähköjärjestelmän kokoonpano on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Verkkoon kytketyn pientalon aurinkosähköjärjestelmän kokoonpano.

Verkkoon kytkemätön aurinkosähköjärjestelmä

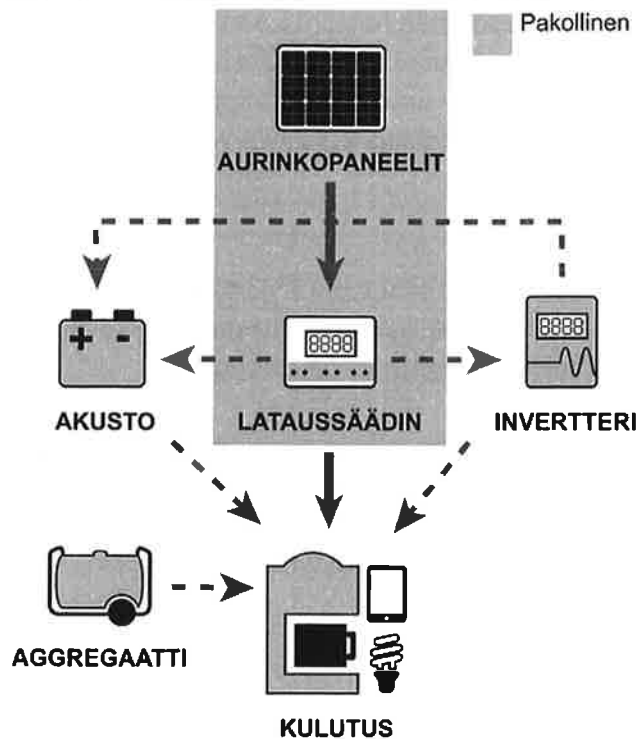
Verkkoon kytkemättömissä järjestelmissä aurinkopaneelien tuottama sähkö varastoidaan ennen käyttöä akkuihin, mikäli sähköntuotanto ja -kulutus eivät osu samaan hetkeen. Järjestelmään kuuluu lataussäädin, joka asennetaan aurinkopaneelien ja akun väliin. Uusinta teknologiaa edustava MPPT-säädin säätää aurinkopaneelit tuottamaan sähköä mahdollisimman suurella hyötysuhteella ja valvoo, että akusto latautuu optimaalisella tavalla. MPPT-säädintä voidaan hyödyntää myös verkkoon liitetyissä järjestelmissä.

Akuista voidaan ottaa virtaa suoraan tasavirtaa hyödyntäviin laitteisiin. Verkkoon kytkemättömät järjestelmät ovat yleisiä etenkin taajamien ulkopuolella ja saarissa, joita ei voi helposti liittää sähköverkkoon. Mikäli tasavirta halutaan muuttaa vaihtovirraksi, järjestelmään on lisättävä invertteri, kuten verkkoon kytketyissä järjestelmissä. Itsenäisiin järjestelmiin voidaan liittää myös aggregaatti, joka toimii varavoimanlähteenä.

Järjestelmän oikea mitoitus tärkeää

Itsenäisen aurinkosähköjärjestelmän hankinnassa on kiinnitettävä erityistä huomiota järjestelmän (paneelit ja akusto) mitoitukseen siten, että tuotannon ja kulutuksen ajallinen vaihtelu otetaan huomioon.

Itsenäisen aurinkosähköjärjestelmän kokoonpano on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Verkkoon kytkemättömän (off-grid) aurinkosähköjärjestelmän kokoonpano.

MPPT-säädin

MPPT-säätimen eli maksimitehopisteen seuraajan (**Maximum Power Point Tracking, MPPT**) avulla aurinkosähköjärjestelmästä saadaan käyttöön mahdollisimman suuri tuotantopotentiaali. MPPT-yksikkö säätää aurinkopaneelien ulostulojännitteen toimimaan maksimitehopisteessä, jolloin paneelit tuottavat sähköä mahdollisimman suurella hyötysuhteella.

Markkinoilla on myös tasavirtaoptimoijia, jotka maksimoivat paneelien tehoa MPPT-säätimen tavoin. **Tasavirtaoptimoijat** asennetaan kuitenkin paneelikohtaisesti, jolloin etuna on tehokkaampi sähköntuotanto silloin, kun osa järjestelmän paneeleista jää varjoon. Periaate on siis samankaltainen kuin mikroinverttereissä, mutta tasavirtaoptimoijan tapauksessa järjestelmään on liitettävä vielä erillinen invertteri, mikäli halutaan tuottaa vaihtosähköä.

Aggregaatti on laite, joka tuottaa sähköä esimerkiksi bensiini- tai dieselmootorilla. Aggregaatilla voidaan tuottaa sekä tasa- että vaihtosähköä eri jännitetasoilla.

Aurinkosähkön yhdistäminen muihin energiajärjestelmiin

Aurinkosähkön tuotanto keskittyy kesään ja päiväsaikaan. Tuotanto on vähäisempää keväällä, syksyllä ja erityisesti talviaikaan. Tuotantoa ei myöskään synny lainkaan öisin.

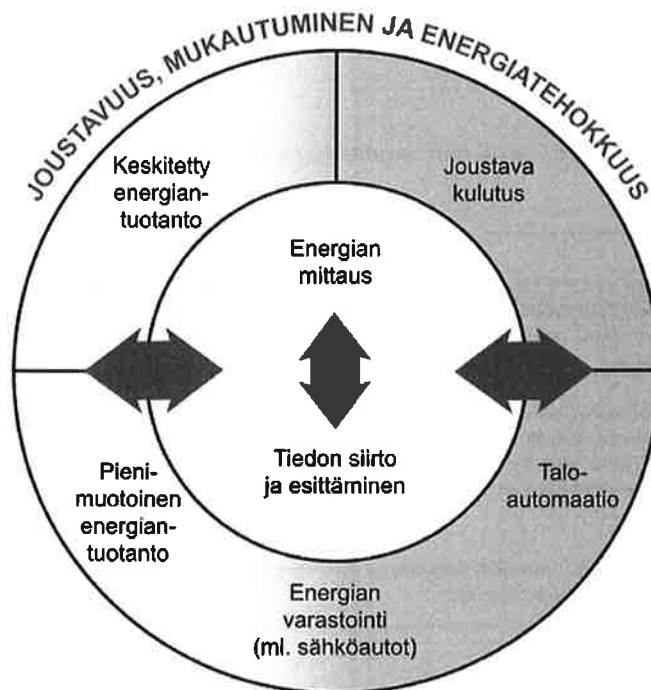
Tuotannon epätasainen ajoittuminen voidaan ottaa huomioon yhdistämällä aurinkosähköjärjestelmä muihin energiajärjestelmiin. Suomessa aurinkosähköllä voidaan esimerkiksi hoitaa kesäpäivien jäähdystarpeita. Tuotettu aurinkosähkö voidaan ohjata esimerkiksi lämpöpumpuille, jolloin sitä voidaan kesällä käyttää viilentämiseen. Lämminvesivaraaja voidaan myös ohjata latautumaan silloin, kun aurinkosähköä on saatavilla.

Yleisesti ottaen aurinkosähköjärjestelmän hankinta on kannattavinta kohteissa, joissa sähkönkulutus on merkittävää kesäpäivinä. Esimerkiksi kauppakiinteistöissä kylmälaitteet kuluttavat suuria määriä sähköä vuodenajasta riippumatta. Tällaisissa kohteissa aurinkosähköä voidaan hyödyntää tehokkaasti ja sillä voidaan vähentää verkosta ostettavaa energiaa.

Aurinkosähköjärjestelmä

Aurinkosähköjärjestelmät ovat osa niin sanottuja älykkäitä sähköverkkoja (Smart Grid) (ks. kuva 3). Älykäs sähköverkko liittää hallitusti yhteen ohjattavia sähkökuormia ja tuotantoa sekä hetkellisiä kuormia ja vaihtelevaa tuotantoa.

Älykäs sähköverkko edellyttää tehokasta, oikein suunniteltua ja toteutettua automaatiota. Mikäli verkkoon kytketyn aurinkosähkön määrä kasvaa merkittävästi eikä kysyntä riitä sen täysimittaiseen hyödyntämiseen, voidaan ylituotantoa varastoida eri muodoissa esimerkiksi lämmitykseen tai jäähdytykseen sen sijaan, että tuotantoa rajoitettaisiin.



Kuva 3. Älykkään sähköverkon periaatekuva. Älykäs sähköverkko toimii joustavasti ja kaksisuuntaisesti, jolloin energia virtaa hajautetun tuotannon myötä molempiin suuntiin. Myös tiedonsiirto asiakkaan ja verkkoyhtiön välillä on kaksisuuntaista.

Aurinkosähkön kausivarastointi

"Verkkovarastointi"

Tässä on kyse siitä, että ylimääräinen aurinkosähkö syötetään (myydään) verkkoon ja otetaan käyttöön (ostetaan) sitten kun sitä tarvitaan. Toisin sanoen siinä ei varsinaisesti ole kyse varastoinnista vaan lähinnä myydä ylimääräinen sähkö toisten käyttöön.

Akkuvarastointi

Tämä varastointitapa toimii lähinnä pienessä mittakaavassa kuten vapaa-ajan asunnoissa ja pientaloissa. Akkuteknologia ei ole ainakaan vielä kehittynyt riittävästi, jotta se olisi isommissa kohteissa järkevää ja kannattavaa.

Vuoden 2015 keväällä Tesla toi markkinoille Powerwall litium akun, jota kehitettiin maailmaa mullistavaksi tuotteeksi. Tarkempi tarkastelu osoittaa kuitenkin, että siinä ei ole mitään todella mullistavaa. Nettisivuilta voi lukea asiasta lisää:

<http://kioski.yle.fi/omat/mika-ihmeen-mullistava-tesla-powerwall-akku> ja

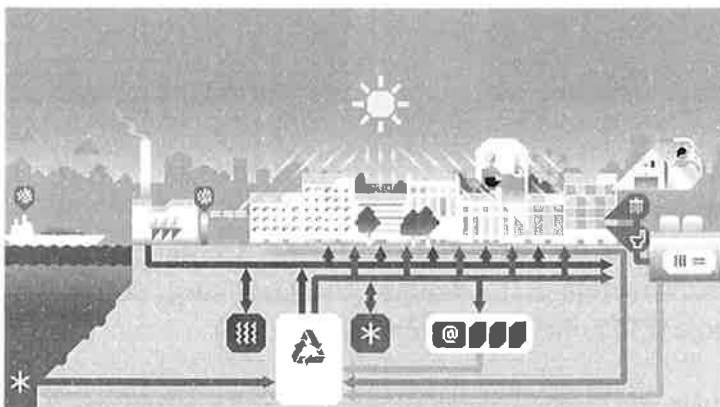
<https://planeetta.wordpress.com/2015/05/18/tesla-akkujen-mahdollisuudet-ja-mahdottomuudet/#comment-6320>

AURINKOLÄMPÖ

Auringon lämpöä voidaan hyödyntää omassa käytössä käyttöveden ja uima-altaan lämmitykseen sekä kosteiden tilojen kuivanapitolämmitykseen. Vaihtoisesti sitä voidaan käyttää kaukolämmön tuottamiseen. Kaukojäähdytysjärjestelmällä voidaan taas kerätä rakennuksen passiivisesti keräämä aurinkolämpö talteen.

Aurinkolämmön tuotanto keskittyy kesäkuukausille ja kiinteistöjen lämmöntarve painottuu talvikuukausille. Aurinkolämpö ei siten vähennä lämmityksen muuta kapasiteettitarvetta. Se on kannattavaa osana kaukolämpöjärjestelmää silloin, kun sillä voidaan alentaa loppuasiakkaan maksamaa kaukolämmön hintaa ja parantaa kaukolämpöyrityksen katetta. Käytännössä niin tapahtuu, kun aurinkolämmön tuotantokustannukset ovat muun lämmön tuotantotavan kustannuksia pienemmät aurinkoisena ajankohtana.

Järjestelmätason tarkastelut osoittavat, että sisätiloista jäähdyttämällä poistettu lämpö voidaan käyttää hyödyksi toisaalla. Kaupunkirakenteessa toimiva yhdistetty kaukolämpö- ja jäähdytysjärjestelmää – alueellinen SunZED-konsepti mahdollistaa energiavirtojen kierrätyksen. Konseptin nimi tulee sanoista Sun = Aurinko ja ZED = Zero Energy District eli nollaenergia-alue.



Kuva. SunZED-konseptin mukainen yhdistetty kaukolämpö- ja jäähdytysjärjestelmä.

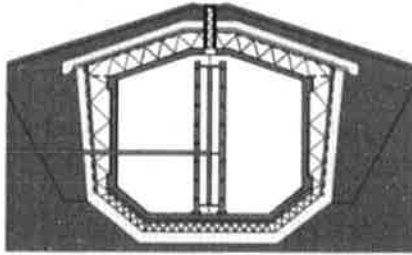
Parhaiten aurinkolämpöä voivat hyödyntää yritykset, jotka käyttävät suuria määriä suhteellisen matalassa lämpötilassa olevia nesteitä. Jos kulutus vielä painottuu kesäkaudelle, niin kannattavuus on sitäkin parempi. Aurinkolämpöä hyödynnetään prosesseissa esimerkiksi panimoissa ja pesuloissa. Suomessa myös erilaiset pääasiassa kesäkäytössä olevat lomakylät ovat potentiaalisia kohteita aurinkolämmölle.

Aurinkolämmön varastointi

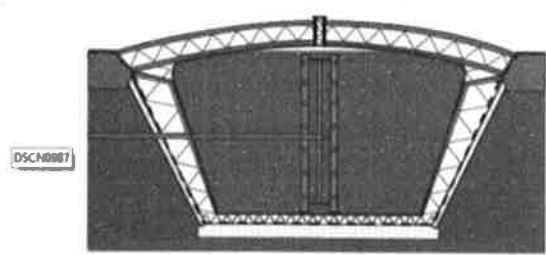
Energian varastointi on oleellista aurinkolämmön hyödyntämisessä ja kuuluu keskeisesti aurinkolämpöjärjestelmään. Lämpöä varastoidaan tavallisesti muutamia vuorokausia tasaamaan vuorokautisia ja sään aiheuttamia vaihteluita.

Varastointiaineksi tarvitaan joko hyvin energiatiheää tai hyvin halpaa ainetta: vettä, kiveä tai maata. Pienemmissä kohteissa, kuten omakotitaloissa, aurinkolämpöä varastoidaan vesivaraajaan, maaperään tai lämpökaivon kautta kallioon. Laajoissa aluelämpöverkkoon liitetyissä aurinkokeräinjärjestelmissä energiaa varastoidaan suuriin eristettyihin vesisäiliöihin tai kallioluoliin.

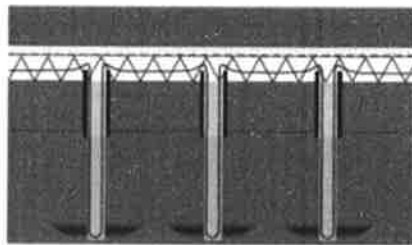
Tank thermal energy storage (TTES)
(60 to 80 kWh/m³)



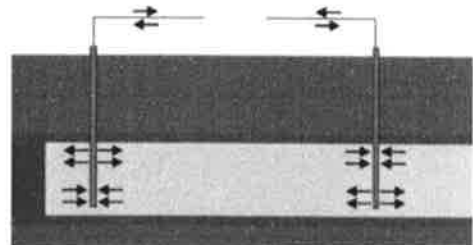
Pit thermal energy storage (PTES)
(60 to 80 kWh/m³)



Borehole thermal energy storage (BTES)
(15 to 30 kWh/m³)



Aquifer thermal energy storage (ATES)
(30 to 40 kWh/m³)



Maaperän salliessa aurinkolämmön varastona käytetään:

- porakaivokenttiä (BTES, Borehole Thermal Energy Storage),
- pohjavesivarantovarastoja (ATES, Aquifer Thermal Energy Storage) tai
- kaivantovarastoja (PTES, Pit Thermal Energy Storage).

Suurin käytössä oleva pohjavesivarantoon perustuva lämpövarasto on Ruotsissa Arlandan lentokentällä, jossa kesän yllämpö varastoidaan kentän alapuolella olevaan maanalaiseen järveen ja palautetaan sitten talvella lämpöpumpuilla lämmityskäyttöön.

Kaivantolämpövarastoja on rakennettu erityisesti Saksassa ja Tanskassa, koska siellä ei

löydy sopivia olosuhteita muille varastotyypeille. Suomessakin on rakennettu porakai-
vovarastoja, joihin varastoidaan kesän aikaista hukkalämpöä talven lämmöntarpeen
varalle.

Maalämpöpiirin hyödyntäminen aurinkolämmön varastoinnissa

Maaperän lämpötila vaihtelee metrin syvyydellä normaalisti noin +2 asteesta +15 as-
teeseen. Lämpimin se on alkusyksyllä ja kylmin alkukevällä. Lämmityskauden aikana
maalämmön lämmönkeruuputkisto voi jäähdyttää ympäröivää maaperää useilla as-
teilla, ja keväällä maaperä voi putken ympärillä olla alimmillaan jopa -10 °C pakkasen
puolella.

Kytkemällä aurinkolämpö maapiiriin voidaan maalämpöjärjestelmän lämmönkeruupi-
rin toimintakykyä elvyttää, jolloin maalämpöpumpun hyötysuhde ja teho paranevat.
Samalla maalämpöpiirin matala lämpötila pitää aurinkokeräimen hyötysuhteen mah-
dollisimman korkeana. Maaperään lämpöä varautuu erityisen tehokkaasti keväällä ja
vielä alkukesälläkin, jolloin maa ei ole vielä täysin lämmennyt talven jäljiltä.

Lämpökaivoon varastointi

Maaperävarastointia suurempi hyöty lämmön varastoinnista saadaan mahdollisesti
kytkemällä aurinkolämpöjärjestelmä lämpökaivoon. Lämpökaivon lämpötilataso ale-
nee aluksi hieman vuosi vuodelta, ja saavuttaa melko vakaan tason noin 5 käyttövuo-
den jälkeen.

Aurinkolämmön siirtäminen lämpökaivoon elvyttää tehokkaasti lämpökaivoa talven
jäljiltä, joskin osa aurinkolämmöstä saattaa karata pohjavesivirtauksien myötä. Elvy-
tystarve on suurin niin sanotuilla kuivakaivoilla, joissa ei ole vesivirtauksia. Kallioperä-
varastoinnin kautta maalämpöpumpulle saadaan parempi hyötysuhde, lämpökerroin
ja suurempi teho, kuten maapiirin yhteydessäkin.

Aurinkoenergian varastointi ilman lämpöpumpua

Aurinkoenergiaa voidaan varastoida myös ilman maalämpöpumpua käyttäen pora-
kaivoa tai maaputkistoa. Näin varastoitua aurinkolämpöä voidaan hyödyntää muun
muassa ilmanvaihdon esilämmityksessä. Maaputkisto voi olla asennettu myös raken-
nuksen maanvaraisen laatan alle, jolloin putkistoa ympäröivän maan lämpö lämmittää
laattaa ja sitä myötä koko kyseisen kerroksen lattiaa.

Lisätietoja

http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/

Aurinkolämmön käyttö alue-/kaukolämmössä

- Keskitetty aurinkolämpöratkaisu
- Keskitetty aurinkolämpöratkaisu, jossa lämpöpumpuavusteinen aurinkolämmön
kausivarastointi
- Hajautettu aurinkolämpö – kaukolämpöverkoston rinnalla tai kytkettynä siihen
- Keskitetyn ja hajautetun yhdistelmä

Aurinkolämmön ominaisuuksia

- Kuten kaikki aurinkolämpö, aurinkokaukolämpö pitää alhaisesta lämpötilasta lämmön kulutuksessa/siirrossa
- Suurissa tanskalaisissa järjestelmissä päästään kausivarastoinnin avulla tyypillisesti lähes 50 % vuotuisen aurinkolämpöosuuteen
- Järjestelmät aina hybridiratkaisuja

Kaksisuuntainen kaukolämpö

Energiateollisuus ry:n ja Sitran teettämän raportin mukaan kaksisuuntaiselle kaukolämmölle näyttää olevan selkeää kysyntää: kaukolämpöasiakkaat ovat kiinnostuneita kaukolämmön tuotteiden ja verkkojen käytön kehittämistä. Kaksisuuntainen kaukolämpö voi lisätä lämmityksen energiatehokkuutta, vähentää päästöjä ja vastata kaukolämpöyritysten kilpailukykyhaasteisiin.

Kaksisuuntaisuuden edellytyksiä arvioitaessa tavoitteena on pidetty, että kaksisuuntaisuuden tulee parantaa järjestelmän kokonaistehokkuutta sekä taloudellista kannattavuutta. Kaksisuuntaisuudella voidaan myös pyrkiä lämmitykseen käytettävän primäärienergian vähentämiseen, mutta tämä tavoite ei välttämättä ole ensisijainen, mikäli esimerkiksi taloudelliset ja ympäristötavoitteet ovat ristiriidassa sen kanssa.

http://energia.fi/files/599/Kaksisuuntainen_KL_Tutkimustiedote_20160817.pdf

http://energia.fi/files/598/Kaksisuuntainen_KL_Yleinen_osuusRaportti_2016.pdf

Aurinkokaukolämmön kustannuksia Tanskassa (Euroopan 131 järjestelmästä 2/3 osaa on Tanskassa)

- Järjestelmän hinta vaihtelee tyypillisesti välillä 150 – 500 €/keräin-m²
- Tanskassa kustannukset selvästi alhaisemmat kuin muualla
- Suuremmissa järjestelmissä hinta laskee selvästi
- Tanskan aurinkokaukolämpöjärjestelmät tuottavat lämpöä parhaimmillaan alle 30 €/MWh hintaan
- Kausivaraston kustannus esimerkiksi Marstalissa 0,38 €/MWh tai 35,5 €/m³

Esimerkki kausivaraston ominaisuuksista

- Rakennettu 2011 -2012
- 75 000 m³ vettä
- Lämpötila-alue 10 – 90 °C
- Kapasiteetti 6 960 MWh
- Lataus- ja purkuteho 10,5 MW
- Laskettu lämpöhäviö 2 475 MWh/a
- Hinta 2,65 M€ ilman siirtoputkistoa eli 35,5 €/m³ tai 0,38 €/kWh

Potentiaali Suomessa

- Aurinkolämmöllä ja aurinkolämmön kausivarastoinnilla on merkittävä potentiaali Suomessakin
 - Säteilyenergia Etelä-Suomessa on n. 975 kWh/m², kk, joka on noin 80 – 90 % Tanskan vastaavasta
 - Kainuussa säteilyenergia on n. 840 kWh/m², kk
- Aurinkolämpö on edullinen ja vaivaton lämmön tuotantomuoto

- Ajallinen saatavuusvaihtelu vaatii kausivarastointia, jos aurinkoenergian osuutta halutaan kasvattaa yli 10 – 20 % vuosikulutuksesta
- Kausivarastoinnin kustannus ei ole merkittävä suurissa varastoissa

Lisätietoja ja muita linkkejä

- <http://www.energiakauppa.com/>
- <http://solar-district-heating.eu/Home.aspx>
- <http://www.estif.org/>
- <http://www.aurinkoteknillinenyhdistys.fi/>
- <https://wwwp5.ymparisto.fi/hinku/aloitus.aspx>
- http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamis-maarayskokoelma/Energiatehokkuus -> aurinkolämmön laskentaopas 2012

