



Aurinkosähkötyöpaja 3.6.2020

Teppo Flyktman

Vesa Hytönen



jamk.fi

PÄIVÄN SISÄLTÖ 9:00 – 15:00

1. Esittelyt ja kuntien tilannekatsaus aurinkosähkön osalta
2. Johdanto ja aurinkosähköjärjestelmien perusteet
(Teppo Flyktman, JAMK)
3. Verkkoon liittämisen näkökulmia ja lähitulevaisuuden näkymiä
(Riku Minkkinen, Elenia)
4. Mitoitus, takaisinmaksuaikaan vaikuttavat tekijät ja kannattavuuden arviointi laskurien avulla
(Vesa Hytönen, JAMK)

12:00 – 13:00 Lounastauko

Iltapäivällä 13:00 – 15:00 kannattavuuslaskurien käyttöharjoitukset ja vapaamuotoista keskustelua ja kysymyksiä. Mahdollisten omien hankkeiden pohtimista yhdessä

PÄIVÄN AIHEPIIRIN RAJAUS

- Käsitellään tavanomaisia verkkoon liitettäviä järjestelmiä (ei sisällytetä sähkövarastoja tai off-grid –järjestelmiä työpajaan)
- Keskitytään alle 100 kW –tehoisiin järjestelmiin, joissa vuosituotanto alle 800 000 kWh



Järjestelmäkokonaisuus

Kaikissa aurinkosähkövoimaloissa on samoja rakenteita:

- Aurinkopaneelit ketjuihin asennettuina
- Paneelien kiinnitysjärjestelmä/telineet
- DC-kaapelointi, (kytkentäkotelot)
- DC-puolen turvakytkimet
- Aurinkosähköinvertterit
- AC-kaapelointi ja turvakytkimet



Aurinkopaneelit

Aurinkopaneeli koostuu aurinkokennoista.

Kaupallisten kennojen ehdottomasti yleisin materiaali on yksitai monikiteinen pii. Monikiteinen piikenno on valmistettu leikkuu- ja hiontajätteestä, jota syntyy yksikiteisiä piikennoja valmistettaessa → kidevirheitä → hieman pienempi hyötysuhde. Hankintamielessä ei väliä, kumpi tekniikka on kyseessä, molemmat hyviä ja laajasti käytettyjä.

Ohutkalvopaneeleissa amorfinen tai mikrokiteinen pii, CIGS tai CdTe. Ohutkalvopanelin etuna mm. joustava rakenne. Asennettavissa esim. suoraan peltikatteeseen. Pitkäaikaisten kokemusten puute ja hinta/teho-suhde?

Toimintaperiaate:

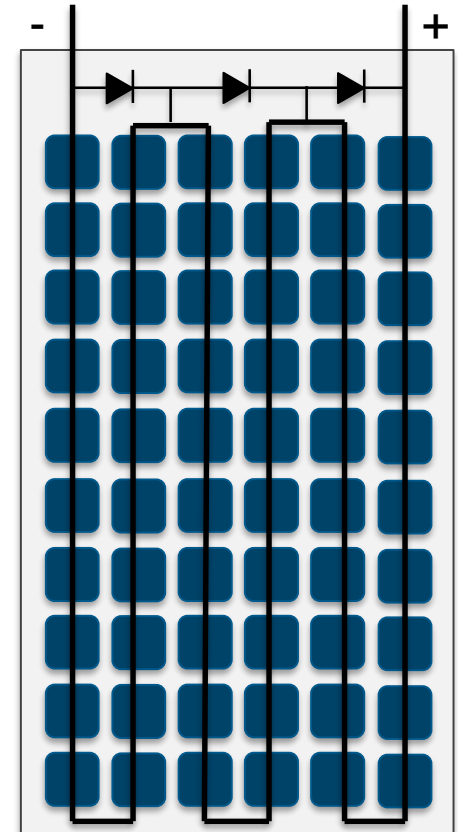
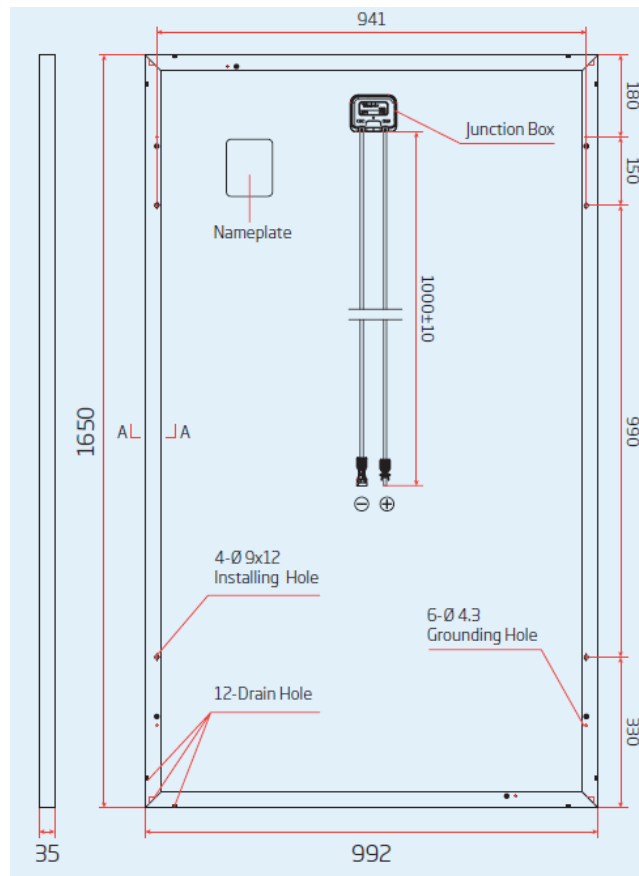
Auringon säteily irrottaa piin pinnalta eletronin → syntyy sähkövirta.



Aurinkopaneelit

Teho noin 165 – 185 W/m²

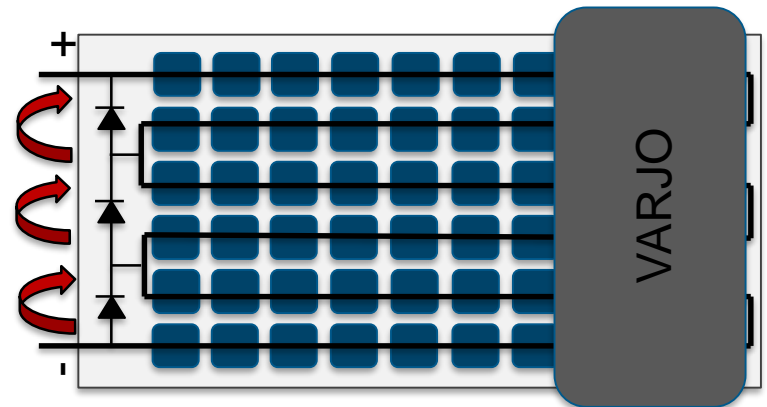
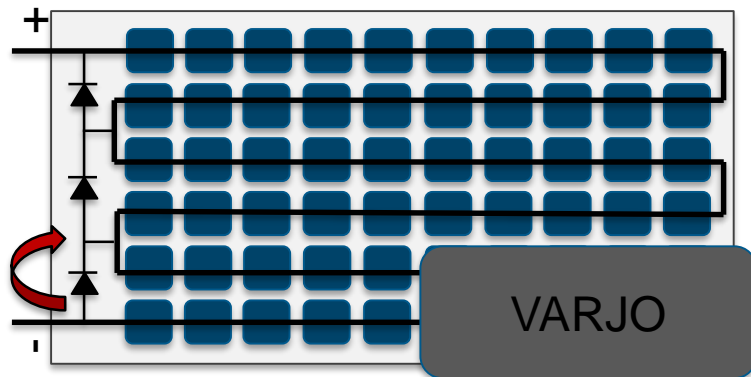
Tyypillisesti 270-300W –paneelin pinta-ala noin 1,6m² ja paino n. 18-20 kg



jamk.fi

Paneelin toiminta varjostettuna

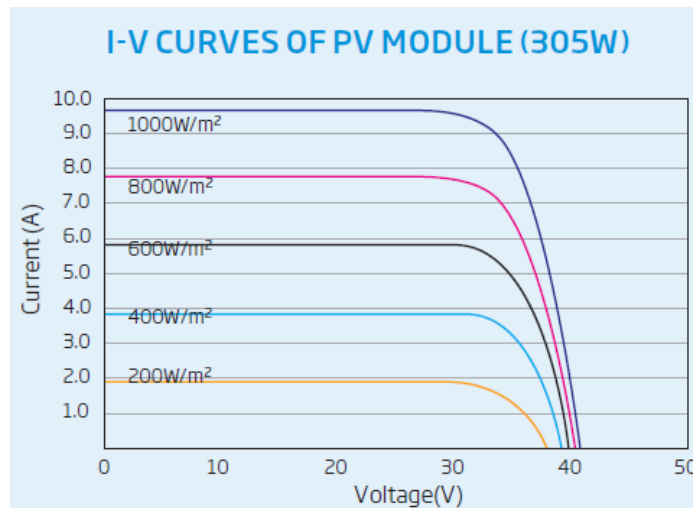
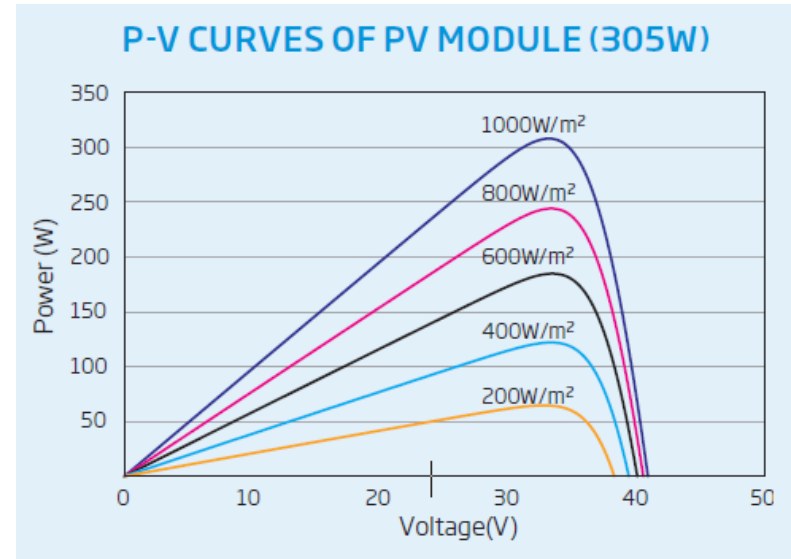
Aurinkopaneelin kennot on kytketty sarjaan, joten osittainenkin varjo voi heikentää tuottoa merkittävästi tai koko paneeli voi “sammua”! Varjostetut osiot ohitetaan diodilla.



Aurinkopaneelit –käsitteitä

- P_{max}** paneelin nimellisteho stardardin mukaisissa testiolosuhteissa
- V_{mp}** Maksimitehopisteen jännite
- I_{mp}** Maksimitehopisteen virta
- V_{oc}** Avoimen piirin jännite, jonka paneeli tuottaa ollessaan kuormittamaton
- I_{sc}** Paneelin tuottama oikosulkuvirta

Huom! Nimellisarvot pätevät stantardoiduissa testiolosuhteissa (aurion säteily 1000W/m² ja lämpötila 25°C)



Invertterit

- Vaihtosuuntaa paneelien tasasähkön sähköverkkoon sopivaksi vaihtosähköksi
- Suomen määräysten mukainen invertteri sisältää vaaditut suojaukset, mm. saarekekäytön esto. Asentaja asettaa oikean verkkokoodin käyttöönoton yhteydessä.
- Yksi tai useampi MPPT-tulo, joihin voidaan kytkeä paneeliketjut
 - Samaan MPPT-tuloon kytkettyjen paneelien tulee olla samanlaisia ja suunnattu samaan suuntaan. Jos halutaan asentaa paneeliketjut eri suuntaisille lappeille, tulee ne kytkeä omiin MPPT-tuloihinsa.
- Järjestelmä voi sisältää useita inverttereitä
- On myös ns. mikroinverttereitä ja DC-optimoijia. Näiden ongelmaksi muodostuu hinta ja järjestelmän monimutkaistuminen.

MPPT – Maximum Power Point Tracking → älykäs säätötekniikka, jonka avulla invertteri kuormittaa paneeleita optimaalisesti. Tärkeä hyötysuhteen kannalta, koska paneelit toimivat “epälineaaraisesti ja niitä tulee kuormittaa juuri oikein kussakin olosuhteissa parhaan tuoton saavuttamiseksi!



Invertterit

Useimpien invertterien tuottoa ja toimintaa voi seurata:

- Invertterin omasta näytöstä
- Valmistajan tai järjestelmätoimittajan tarjoamasta palvelusta
- Rakennusautomaation kautta
- Jonkinlainen seuranta kannattaa ottaa käyttöön ongelmatilanteiden havaitsemiseksi!



Järjestelmän sisäinen rakenne ja mitoitus

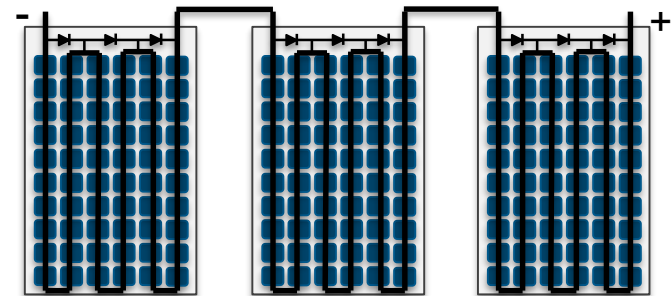
Paneelit kytketään ketjuiksi (string) riittävän jännitteen saavuttamiseksi → tyypillisesti 16-20 paneelin ketjuja

Isompitehoisissa järjestelmissä voidaan useita ketjuja kytkeä rinnakkain tehon kasvattamiseksi

Paneelitehdon on hyvä olla hieman ylimitoitettu invertterin tehoon nähden, esimerkiksi 1,1 -1,2 kertainen, koska:

- Suomen säteilyolosuhteet ja asennuskulma
- Paneelien teho heikkenee 0,5-1% vuodessa

Vuosittainen tuotto-odotus Keski-Suomessa suuruusluokkaa 800 kWh / kWp



Suuntaus ja kallistus

Suuntaus, suuntauskulma, atsimuutti (Azimuth)

0° = suuntaus etelään (100% vuosituotto)

45° = suuntaus lounaaseen (n. 95% vuosituotto)

90° = suuntaus länteen (<80% vuosituotto)

-90° = suuntaus itään (<80% vuosituotto)

Kallistus:

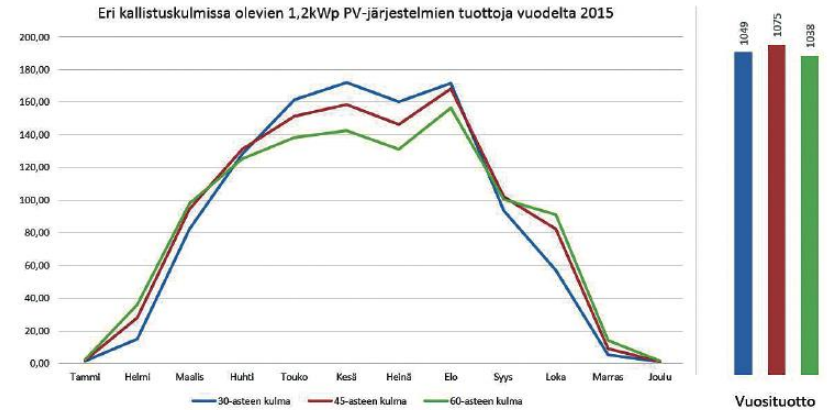
0° = Paneelit makaavat

90° = Paneelit pystysuorassa

30° - 60° asteen välissä ollessaan kulmalla ei suurta merkitystä

vuosituottoon (pystymässä oleva tuottaa paremmin kevät/syysy-aikaan)

Näiden vaikutusta voi tutkia esim. Ilmaisella PVGIS –laskurilla (löytyy netistä)

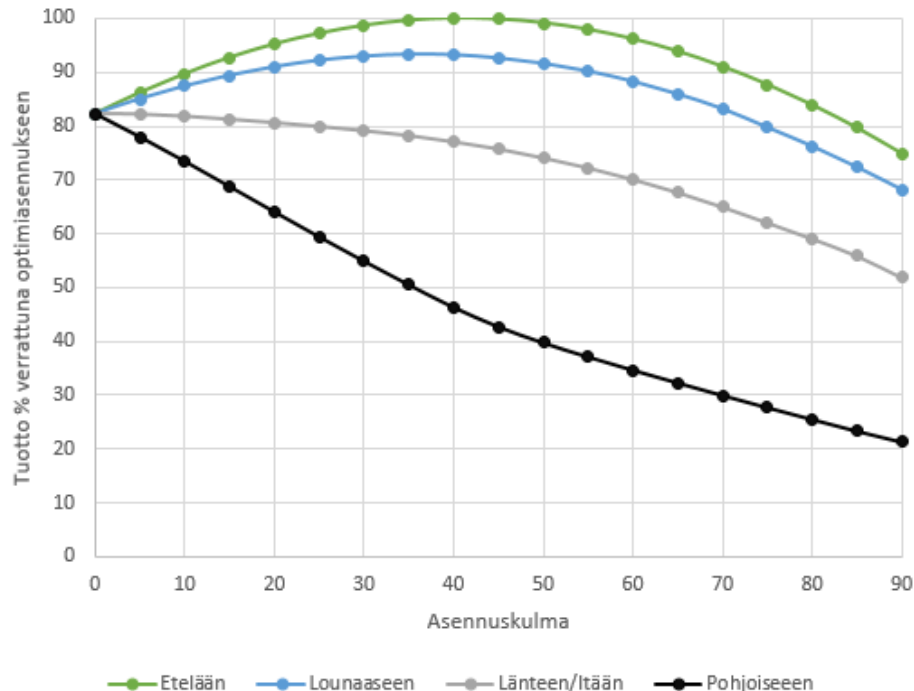


ST-käsikirja 40

Suuntaus ja kallistus

- Optimaalinen suunta ja kulma riippuu kohteesta (varjot, sähkönkäytön profiili jne.)
- Yleensä kannattavin asennuskulma on lappeensuuntainen:
 - Lapekulmasta poikkeavaan kulmaan asentaminen kasvattaa asennuskustannuksia, tuuli- ja lumikuormaa sekä vaikuttaa julkisivuun
- Tasakatoilla suuntausta/kulmaa voidaan optimoida paremmin

Suuntauksen ja asennuskulman vaikutus vuosituottoon



EU Science hub –sivuston PVGIS -työkalulla estimoitu asennuskulman ja suuntauksen vaikutus vuosituotantoon Jyväskylässä.

Huom! Ei huomioi esim. sitä, että hyvin loivaan kulmaan asennetut paneelit saattavat edelleen olla lumen peittäminä kevättalvella, kun pystympään asennetut paneelit tuottavat jo jotain.

Asennustapoja

- Viistokatto
- Tasakatto
- Julkisivu
- Teline



ST-käsikirja 40

k.fi

Asennus katolle

- Käyttöikä: Paneelien käyttöikä 30-40 v → vesikatteen kunto ja elinkaari?
- Kiinnitysjärjestelmän odotettu käyttöikä ja takuu?
- Kantavuus: Etenkin tasakatot (kinostuva lumi, kelluvan järjestelmän painot)
- Vedeneristys (kiinnityspisteet, läpiviennit)
- Kuumeneminen: katteen väri, paneelien tuuletusväli, jne.
- Riittävät kulkuväylät huoltotoimille ja palokunnalle
- Riittävästi tilaa kulkuaukkojen, savunpoistoluukkujen ym. läheisyyteen
- Pelastuslaitosta syytä tiedottaa järjestelmästä ja osat merkittävä selkeästi esim. Tarroin. Palokunnalle ilmoitettava kulkuväylät ja irtikytkennän sijainti. Paneeliston DC-kaapeloinnin johtotiet!
- Materiaalit: Kiinnitysmateriaalien tulisi olla samaa materiaalia, ettei synny galvaanista korroosiota. Eri metallit alkavat syövyttämään toisiaan.
- Asennusten aikainen toiminta: Kattoa ei tulisi käyttää säilytysvarastona (kantavuus, kolhut)

Asennustapoja

Viistokattoasennus, vesikate pelti, konesauma
270 W mitat 1623 x 986 x 35 mm, 18 kg
Asennuskulma: Katon kaltevuus 10 – 60 astetta
Kiinnitys: ankkurointi kattoon noin 1,5-2 kattokiinnikettä per paneeli
PV-paneelien orientaatio: Pysty/ vaaka
Kiinnikerunko: alumiiniristikko tai yhdensuuntaiset kiskot (paneelin kiinnitys pitkältä sivulta 4 kohdasta)
PV-paneelirivien etäisyys toisistaan: 20 mm
Laskennallinen yhteiskuormitus: 10-20 kg/m²
Vesikatteen ja rakenteen ilmarako: 50-100 mm
Muuta: Maadoitettava samaan potentiaaliin katon kanssa, DC kaapeloinnissa ei saa olla lenkkejä, paluujohdin samaan nippuun, asennus harjalta 400 mm,



Kuva: Aurinkosähkö osana energiamurrosta - PV-voimalan suunnittelijan opas

Huomioita:

- **Vesikatteen kunto ja odotettu käyttöikä vs. paneeliston käyttöikä!**
- Harjalle ja räystäälle jätettävä tilaa, kulkuväylät, huoltotoimet
- Paino kiinnikkeineen ja tarvikkeineen tyyppillisesti n. 10-20 kg/m²
- Tuuli- ja lumikuormat

Asennustapoja

Tasakattoasennus, vesikate bitumikermi
270 W mitat 1623 x 986 x 35mm, 18 kg
Asennuskulma: 15 astetta
Kiinnitys: Kelluva (perustuu tuulenohjaukseen/
lisäpainoihin)
PV-paneelien orientaatio: Vaaka
Kiinnikerungon tukien jako: 1650 mm
PV-paneelirivien etäisyys toisistaan: 1500 mm
Keskimääräinen yhteiskuormitus: 20-30 kg/m²
Vesikatteen ja rakenteen ilmarako: 50-300 mm
Muuta: Telineiden ja kaapeliyhlyjen potentiaalintasaus ja
maadoitus, DC kaapeloinnissa ei saa olla lenkkejä,
paluujohdin samaan nippuun



Pic. 7

Kuva: Aurinkosähkö osana energiamurrosta - PV-voimalan suunnittelijan opas

Huomioita:

- Suositetaan tyypillisesti suhteellisen loivia kulmia (tuulikuormat)
- Paneelirivit voivat varjostaa seuraavia paneelirivejä → riittävä väli
- Paino kiinnikkeineen ja tarvikkeineen n. 20-30 kg/m², voi olla enemmänkin riippuen mm asennuskulmasta ja tarvittavista painoista. Huomioi pistekuormat

Asennustapoja

Telineasennus

270 W mitat 1623 x 986 x 35mm, 18 kg

Asennuskulma: 20-60 astetta

Kiinnitys: Routimaton maaperustus/ teräspalkit/ muu teline

PV-paneelien orientaatio: esim pysty, 2 rivinen

Kiinnikerungon tukien jako esimerkissä: 2000 x 1800 mm

PV-paneelirivien etäisyys toisistaan: 20 mm

Laskennallinen yhteiskuormitus: 50-200 kg/m²

Rakenteen ilmarako: >300 mm

Muuta: Runkorakenteet maadoitettava samaan potentiaaliin, DC kaapeloinnissa ei saa olla lenkkejä, paluujohdin samaan nippuun



Pic. 9

Kuva: Aurinkosähkö osana energiamurrosta PV-voimalan suunnittelijan opas

Huomioita:

- Maaperän kantavuus ja routivuus
- Betonianturat, paalut, porapaalut
- Paneelirivit eivät saa varjostaa toisiaan – etäisyys!
- Invertterit paneelien alle tai erilliseen rakennukseen
- Kasvillisuuden poisto / hoito
- Ilkivaltasuojaus

Asennustapoja

Julkisivuasennus

270 W mitat 1623 x 986 x 35mm, 18 kg

Asennuskulma: 90 astetta

Kiinnitys: Liima-ankkuroitu

PV-paneelien orientaatio: esim pysty

Kiinnikerungon tukien jako tapauskohtaisesti, noin 2m välein. Paneelikiinnitys pitkältä sivulta (valmistajien suositusten mukaan).

PV-paneelirivien etäisyys toisistaan: 20 mm

Laskennallinen yhteiskuormitus: 30-40 kg/m²

Rakenteen ilmarako: 50-100 mm

Muuta: Runkorakenteet maadoitettava samaan potentiaaliin, DC kaapeloinnissa ei saa olla lenkkejä, paluujohdin samaan nippuun



Pic. 10

Kuva: Aurinkosähkö osana energiamurrosta PV-voimalan suunnittelijan opas



Sähkö- ja paloturvallisuus

Oikein suunniteltu, toteutettu ja ylläpidetty järjestelmä ei aiheuta erityistä tulipalon tai sähköiskun vaaraa

- DC-piirit mahdollisimman lyhyet
- DC-kaapelointi siten, että + ja – kuljetetaan samaa reittiä → ei synny induktiosilmukoita (aiheuttaa jännitepiikin salaman iskiessä lähelle)
- Yhteensopivat ja laadukkaat liittimet! (palovaara)
- Laadukkaat DC-turvakytkimet! (palovaara)
- Sähkökeskuksiin varoitustarrat/opasteet
- Käyttöönottotarkastus ja dokumentit siitä!
- Koulutettu vastuhenkilö (laitteistovastaava)
- Kunnossapito-ohjelmassa tulisi olla järjestelmän kytkennät, rakenne ja toimintamalli poikkeustilanteiden kuten tulipalojen varalta
- Huomioitava pelastussuunnitelmassa ja riskikartoituksessa
→ pelastuslaitokselle tiedoksi

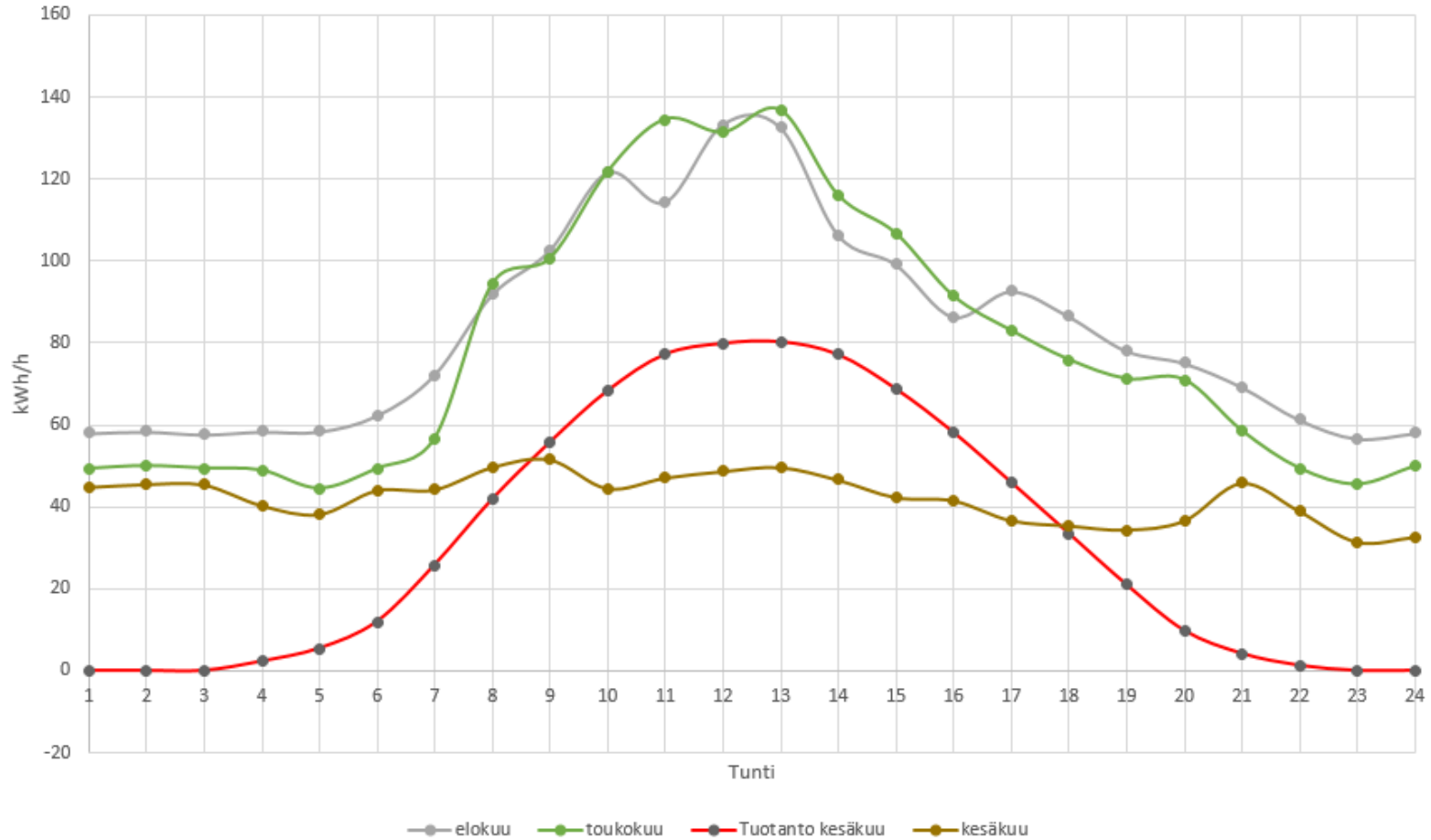
Mitoituksessa huomioitavia asioita

- Mahdollisimman suuri osuus tuotetusta sähköstä tulisi saada käytettyä kiinteistössä → paras taloudellinen hyöty ja mahdollisimman lyhyt takaisinmaksuaika
- Tarkka mitoitus edellyttää **kulutuksen ja tuotannon tuntitasoista analyysia!**
- Taloudellisessa mielessä tärkeä mitoituksessa huomioitava tekijä on **kiinteistön sähkönkulutus aurinkosähkön huipputuoton** aikaan (touko-elokuu päiväsaikaan)
- Sähkön kokonaishinta – osto ja myynti
- Pienitehoiset järjestelmät ovat suhteessa kalliimpia kuin suuret. Mikä on järjestelmän **€/W –hinta?**
- Joissain tapauksissa oman käytön osuutta voi kasvattaa ohjaamalla suurempitehoisia laitteita päälle aurinkosähkön saatavuuden mukaan (tekninen ratkaisu voi olla hankala, invertterien ominaisuuksissa eroja, kustannus vs. saavutettava hyöty)
- Kohteen sähköliittymän kapasiteetti. Etenkin suurempia järjestelmiä suunniteltaessa tulee olla jo alkuvaiheessa yhteydessä verkkoyhtiöön!



Mitoituksessa huomioitavia asioita

Kulutus vuorokauden sisällä / koulu + liikuntasali



Ylläolevat kulutustiedot ovat todellisia. Tuotantokäyrä "ideaalinen".
Todellisuudessa tuotannossa on suurta ja nopeaa päivänsisäistä vaihtelua.

Asuinkiinteistöt

- Pientaloissa tasainen pohjakuorma on pieni ja kulutusprofiili poikkeaa yleensä aurinkosähkön tuotto-profiilista (esim. lämminvesivaraajan kytkeytyminen varhain aamulla ja/tai myöhään illalla suihkun jälkeen) → oman käytön osuus jää usein pienehköksi (jopa alle 30%), ellei hankita todella pientä järjestelmää, jolloin puolestaan teho/hinta –suhde on huono
- Suuntauksella voidaan vaikuttaa oman käytön osuuteen energian kokonaistuoton kustannuksella → Kaltevuuskulmaa kasvattamalla voi lisätä kevään/syksyn tuotantoa ja itä-länsi –suuntauksella vaikuttaa päivän sisäiseen tuotantoon
- Asuinkerrostalot tmv.: jos jokaisella huoneistolla on oma sähkösopimus, tapahtuu yhteisen paneeliston tehon siirto sähköverkon kautta → siirtomaksu ja sähkövero
- “Virtuaalimittarointi”, jossa tuotto siirretään laskennallisesti huoneistoliittymiin ei ole vielä mahdollista → Kiinteistön sisäisiä energiayhteisöjä koskevat säädökset valmisteilla tätä materiaalia laadittaessa.

Mistä hankinnan kustannukset koostuvat?

1. Aurinkopaneelit
2. Kiinnitysjärjestelmä
3. Kaapelointi
4. Johtoreitit (hyllyt, putket)
5. Invertteri(t)
6. Turvakytkimet
7. Suunnittelu ja asennustyöt
8. Rahoituskulut



Hankinnan jälkeen

Verkkon liitetyistä järjestelmistä tulee olla käytettävissä vähintään:

- Käyttöönottopöytäkirja (kiinteistön dokumentaatio)
- Sähkökaaviot (kiinteistön dokumentaatio, invertteri, sähkökeskus)
- Hätätysäytyksen ohjeet (kiinteistön dokumentaatio, invertteri, sähkökeskus)
- Käyttöohjeet (kiinteistön dokumentaatio, invertteri)
- Dokumenttien tulee olla ajantasaiset! Varmistakaa, että saatte toteutuneen asennuksen mukaiseksi päivitettyt versiot. Dokumentaation laajuudesta, merkinnöistä, takuun kattavuudesta, ennen takuuajanpäättymistä tehtävistä tarkstuksista, ym. on hyvä sopia tarjouspyyntö- ja urakkasopimusasiakirjoissa.
- Järjestelmälle on hyvä tehdä vähintään aistinvarainen tarkastus esim. Muutaman vuoden välein (kiinnitykset, paneeleissa näkyvät poikkeamat jne.). Tarvittaessa lämpökuvaus, jolla voidaan havaita vikoja kennoissa, liitoksissa, jne.

Varmistakaa, että kiinteistön sähkökeskuksissa on asianmukaiset merkinnät aurinkosähköjärjestelmästä ja takasyöttövaarasta.

Pelastuslaitoksen informointi järjestelmästä! Paneeliston DC-kaapelien johtotiet ja merkinnät sekä erotuskytkin.

CASE KOULUKIINTEISTÖ

- Koulukiinteistö + liikunta- ja kuntosali.
- Kulutustiedoista arvioitu tyypillinen lomakauden päiväaikainen peruskuorma n. 45-50 kW.
- Opetuskaudella huipputehot päivällä tyypillisesti 110-130kW
- Kohteen paneelisto: 91,6 kWp
- Invertterit 80kW (4x20kW)



CASE KOULUKIINTEISTÖ

Järjestelmän tuottama teho

27.5 klo 8.30 poutasäällä n. 26 kW

Vuoden aikana tuotettu energia

hieman yli 70 000 kWh

96% tarkastelukauden (5/2019-5/2020) tuotannosta kului kiinteistön omassa käytössä. Tämä todennettiin mittaustietojen (verkkoon syötetty energia sähköyhtiöltä saaduista tuntisarjoista) ja invertterien tuotantotietojen avulla

(Huom. Tarkasteltavalle ajanjaksolle ajoittuu lomakausien lisäksi Covid19-viruksesta johtuva n. 8 viikon mittainen sulkuaika. Ilman tätä omankäytön osuus olisi korkeampi)



Energiatuki

Business Finlandin energiatuki (<https://www.businessfinland.fi/suomalaisille-asiakkaille/palvelut/rahoitus/energiatuki/>):

UUSIUTUVAN ENERGIAN INVESTOINNIT 2020 (TAVANOMAINEN TEKNOLOGIA)

SELVITYSHANKKEET:

- kuntasektorin uusiutuvan energian katselmukset 50 %

INVESTOINTIHANKKEET:

- Lämpökeskushankkeet (puupolttoaineet) 10-15 %
- Lämpöpumppuhankkeet * 15 %
- Aurinkolämpöhankkeet 20 %
- Kaatopaikkakaasuhankkeet 15-20 %
- Pienvesivoimahankkeet 15-20 %
- Pientuulivoimahankkeet 15-20 %
- Pien-CHP-hankkeet 15-20 %
- Aurinkosähköhankkeet 30.4.2019 asti 25 %
- Aurinkosähköhankkeet 1.5.2019 alkaen 20 %
- Biokaasuhankkeet 20-30 %

(pois lukien jäte- ja hukkalämmön hyötykäyttöön liittyvät hankkeet, joihin sovelletaan energiansäästöön liittyviä tukiprosentteja)*

Mistä lisää tietoa?

- **RT 103076, Verkkoon kytketyt aurinkosähköjärjestelmät**
Linkki: <https://www.rakennustietokauppa.fi/rt-103076-verkkoon-kytketyt-aurinkosahkojarjestelmat/114785/dp?nosto=recommended>
- **ST-käsikirja 40: Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelu ja toteutus**
Linkki: <http://kauppa.sahkoinfo.fi/product/1405>
Käsikirja on laadittu erityisesti valmiita aurinkosähköjärjestelmäpaketteja asentavan urakoitsijan näkökulmasta
- **Kuntahankinnat: Aurinkosähkövoimalat 2016 – 2020**
Linkki: <https://kuntahankinnat.fi/energia/aurinkosahkovoimalat-2016-2020>
Kuntahankinnat on kilpailuttanut sähköverkkoon kytkettävät aurinkosähkövoimalat (sis. aurinkosähköjärjestelmän asentamisen käyttökuntoon ja myös takuun ulkopuolisen huollon ja korjauksen sekä varaosat)

Mistä lisää tietoa?

- **Motivan Aurinkosähköön liittyvät sivustot**

Linkki: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko
Sivustolla on monipuolisesti käsitelty aurinkosähkölaitteiston hankintaa, asentamista ja käyttöä

- **Auringon säteilyn määrä**

Linkki: <https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>
EU Science hub –sivustolta löytyy työkalu, jolla voi tarkastella mm. aurinkosähkölaitteistojen tehokkuutta sekä auringon säteilyn määrää

- **Kannattavuuslaskuri**

Linkki: <https://finsolar.net/kannattavuus/kannattavuuslaskurit/>

