

## KIINTEISTÖN AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄT

Tässä ohjekortissa käsitellään aurinkosähkön hyödyntämistä rakennuksissa. Ohje kattaa verkkoon kytkettävät aurinkosähkön pientuotantolaitokset sekä näiden suunnitteluun ja asennukseen liittyvät ohjeet. Ohje on tarkoitettu rakennushankkeeseen ryhtyville, suunnittelijoille ja valvojille sekä muille asianosaisille tahoille. Ohje on julkaistu samansisältöisenä ST-kortistossa numerolla ST 55.32.



Kuva 1. Aurinkopaneelisto (full black paneeleita) osana vesikattoa istuu luontevaksi osaksi talon ulkoarkkitehtuuria. Kuva: Lauri Hietala /Solarvoima

### SISÄLLYSLUETTELO

- 1 JOHDANTO
- 2 KÄSITTEITÄ
- 3 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN RAKENNUUTTAMINEN
- 4 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄ
  - 4.1 Aurinkopaneeli
  - 4.2 Verkkoinverterti
  - 4.3 Akusto
- 5 JÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU
  - 5.1 Luvat ja muut reunaehdot
  - 5.2 Järjestelmän teknistaloudellinen tarkastelu
  - 5.3 Toteutussuunnittelu
  - 5.4 Paneelien suuntaus
  - 5.5 Varjostukset
  - 5.6 Rakennustyyppien tarkastelua
- 6 JÄRJESTELMÄN ASENNUS
  - 6.1 Asennus katolle
  - 6.2 Asennus julkisivuun

- 6.3 Asennus maastoon
- 6.4 Työturvallisuus
- 6.5 Työmaalogistiikka
- 7 VERKKOON KYTKEMINEN
- 8 KÄYTTÖÖNOTTO
  - 8.1 Käyttöönottotarkastus
  - 8.2 Dokumentointi
- 9 HUOLTO JA YLLÄPITO
  - 9.1 Paneelit
  - 9.2 Verkkoinvertteri
  - 9.3 Etäseuranta
  - 9.4 Järjestelmän kierrätys elinkaaren lopussa
- 10 KIRJALLISUUTTA

LAUSUNTOVERSIO

## 1 JOHDANTO

Aurinko on ylivoimaisesti merkittävin energiasurssimme. Auringosta Suomen pinta-alalle kohdistuva vuotuinen kokonaissäteilyenergia vastaa noin 3500-kertaisesti vuosittain Suomessa käytettävän sähköenergian määrää. Koko maapallon energiatarpeen kattamiseen tarvittaisiin esim. päiväntasaajalle sijoittuvan noin 1000 km x 1000 km laajuisen aurinkosähkövoimalan tuotto. Aurinkoenergian laajamittaista hyödyntämistä haittaa kuitenkin sen epätasainen ajallinen ja paikallinen jakautuminen. Suomessa aurinkosähköä saadaan pääosin ajanjaksolla maaliskuusta syyskuuhun parhaan tuoton osuessa huhti-elokuuhun.

Auringon keskimääräinen säteilyenergia vaakapinnalle Suomessa on leveyspiiristä riippuen 700...1100 kWh/m<sup>2</sup>. Etelään suunnattu ja optimaaliseen kaltevuuskulmaan asennettu varjostuksista vapaa nimellisteholtaan 1 kWp aurinkovoimala voi tuottaa Suomessa vuoden aikana 750...1000 kWh sähköenergiaa.

Kasvihuonepäästöjen hillitsemiseksi on välttämätöntä korvata fossiilisia polttoaineita uusiutuvilla ja muilla vähähiilillä ja mielellään polttoon perustumattomilla energialähteillä. Oma aurinkosähkön tuotanto pienentää kiinteistön ostoenergian tarvetta ja vähentää osaltaan myös kasvihuonekaasupäästöjä.

Oikein mitoitettu ja kohdekohtaisesti suunniteltu aurinkosähköjärjestelmä on taloudellisesti kannattava investointi, mutta hankintaan voi kannustaa myös esimerkiksi energiaomavaraisuuden parantaminen tai halu tukea uusiutuvan energian kehitystä. Rakennuksessa tuotettu aurinkosähkö huomioidaan energiatodistuksen E-lukulaskennassa. Ylituotantoa ja verkkoon syötettyä energiaa ei kuitenkaan voi E-luvussa laskea hyödyksi.

EU:n kolmikantaneuvotteluissa (neuvosto, parlamentti, komissio) joulukuussa 2023 sovittujen linjausten mukaan: kaikkien uusien asuin- ja ei-asuinrakennusten olisi oltava päästöttömiä 1.1.2028 alkaen. Rakennuksiin on asennettava aurinkosähköä asteittain vuodesta 2027 alkaen, jos se on teknisesti, taloudellisesti ja toiminnallisesti mahdollista.

## 2 KÄSITTEITÄ

**Bifacial** aurinkosähköpaneelissa on rakenne, jossa kennot ovat laminoituna kahden läpinäkyvän materiaalin (tyypillisesti lasi) väliin niin, että paneeli voi hyödyntää valoa molemmilta puolilta paneelia. Näitä ei pidä sekoittaa lasilasi rakenteisiin monofacial paneelisiin, missä taustapuolella on valoa läpäisemätön kerros. Lasi-lasi rakenne on jäykkä ja kestävä eikä vaadi erillistä kehystä.

**BIPV** (Building Integrated Photovoltaics) tekniikalla tarkoitetaan aurinkosähkökennoja, jotka on integroitu kiinteäksi osaksi rakennuksen ulkovaipan pintamateriaalia siten, että erillisiä kiinnityselineitä ei tarvita. Kyseessä ovat siis aidosti katto- tai seinämateriaalia korvaavat ratkaisut. Vesikaton tai julkisivun päälle jälkiasennetut ("integroidut") paneelistoratkaisut eivät ole näitä.

**Energiaomavaraisuus** kertoo, kuinka suuri osa käytetystä energiasta voidaan tuottaa itse.

**Half-cut tekniikassa** aurinkopaneeli on koottu puolitetuista aurinkokennoista ja erillisten kennojen määrä on kaksinkertainen perinteiseen verrattuna. Samalla itse paneeli on jaettu kahdeksi erilliseksi osaksi, jossa ylä- ja alaosa toimivat itsenäisesti. Etuina paneelilla mm. parempi varjostuksen sieto ja energiatehokkuus pienempien sähköisten häviöiden vuoksi.

**Integroidulla aurinkosähkörakenteella** voidaan jossain lähteissä ja yhteyksissä tarkoittaa myös toimivan vesikatteen tai julkisivun päälle asennettavaa erillistä paneelistoratkaisua, mutta tässä dokumentissa integroidulla rakenteella tarkoitetaan nimenomaan BIPV rakennetta.

**IP-luokitus** (International Protection Rating, IP Code) on kansainvälisesti käytössä oleva järjestelmä sähkölaitteiden koteloinnin suojaustason luokitukseen. Esim. onko laite pölytiivis, suojattu roiskevedeltä tai suojattu tietyn kokoisilta kiinteiltä esineiltä.

**Kallistuskulma** (*inclination*) on aurinkopaneelien kallistuskulma suhteessa vaakatasoon.

**Kantava rakenne** tämän RT-ohjeen yhteydessä tarkoittaa erityisesti kattoja ja niissä kattotuolien tai ristikoiden (primäärikannattimet) ja niitä poikkisuunnassa yhdistävien/jäykistävien rakenteiden, kattoruoteiden (sekundäärikannattimet) yhdistelmää. Eli kun esimerkiksi aurinkopaneeliston kattokiinnike kiinnitetään kantavaan rakenteeseen, voidaan se kiinnittää myös kattotuoleja yhdistävään riittävän vahvaan, ehjään ja riittävän hyvin kiinnitettyyn kattoruoteeseen.

**Kelluva asennus tai rakenne** tarkoittaa, että esim. aurinkopaneelito telineineen asennetaan vesikaton (loivat katot) päälle painolastin tukemana ilman kiinnityksiä kattorakenteisiin. Puhutaan myös massaperustaisesta asennuksesta.

**Loivilla katoilla** (kansankielellä myös tasakatoilla) tarkoitetaan tässä kattoja, joiden kaltevuus on välillä 1:80 - 1:10 eli noin 1 - 6 astetta.

**Mikroinvertteri** (micro inverter) muuntaa yhden tai useamman aurinkopaneelin tuottaman tasasähkön (DC) suoraan vaihtosähköksi (AC).

**MPPT** (*Maximum Power Point Tracking*, maksimitehopisteen seuranta) on verkkoinvertterin toiminto, joka jatkuvasti etsii aurinkovoimalan parhaimman tehon tuottavaa kuormitusta.

**Nimellisteho** (rated power) tarkoittaa esim. aurinkopaneelin standarditestiolosuhteissa (auringon säteilyenergia 1000 W/m<sup>2</sup>, lämpötila 25 °C ja auringon spektriin vaikuttava ilmassa AM 1,5) tuottamaa sähkötehoa.

**Omakäyttöosuus** tarkoittaa sitä osaa tuotetusta aurinkosähköstä, joka saadaan kulutettua samassa kiinteistössä, eikä siirry sähkömittarin kautta ylijäämäsihtinä yleiseen siirtoverkkoon.

**Paneeliketju** (string) muodostuu toisiinsa peräkkäin eli sarjaan kytketyistä aurinkopaneeleista. Paneeliketjun yhteisjännite/virta ei saa ylittää verkkoinverterin maksimikytkentäarvoja.

**Pientuotannolla**, sähkömarkkina-alaissa pienimuotoisella sähköntuotannolla, tarkoitetaan teholtaan maksimissaan kahden megavoltiampeerin (MVA) voimaloita. Käytännössä esim. energiateollisuuden suosittamalla yleistietolomakkeella voidaan ilmoittaa nimellisteholtaan enintään 1000 kW aurinkosähkövoimalan verkkoon liittämissuunnitelmista.

**PPA** (*Power Purchase Agreement*) on sopimusmalli, missä esim. yritykset voivat ostaa aurinkosähköä (tai muuta uusiutuvaa energiaa) ilman omaa investointia laitteistoon. Mallissa sähkön myyjä rakennuttaa asiakkaan kiinteistöön laitteiston, jonka tuottaman sähkön asiakas ostaa sovittuun hintaan sopimuskauden ajan. Yleensä kyseessä ovat pitkät vähintään 10 vuoden sopimukset.

**Suuntakulma** (*azimuth*) tarkoittaa aurinkopaneelien suuntausta suhteessa etelään.

**Tuntianalyysillä** tarkoitetaan tässä kiinteistön edellisten vuosien sähkönkulutuksen tuntikohtaisten mittaustietojen ja potentiaalisen soveltuvan aurinkosähköjärjestelmän simuloidun tuotannon vertailua ja sitä kautta teknistaloudellisesti optimaalisen järjestelmäkoon hakemista. Sähkön kulutustiedot saadaan energiayhtiöltä ja tuotannon simulointiin on erilaisia ilmaisia ja kaupallisia sovelluksia kuten EU:n [PVGIS online tool](#)

**Tuotantomäärällä** tarkoitetaan sähköenergian määrää, mikä on kiinteistössä tuotettu esim. aurinkosähköllä tietyn ajanjakson aikana. Yksikkönä esim. kWh tai MWh.

**Verkkoinverteri** (vaihtosuuntaaja) muuntaa aurinkopaneelien tuottaman tasasähkön laadultaan kiinteistön omaan sähkönkulutukseen ja yleiseen sähköverkkoon sopivaksi vaihtosähköksi, synkronoituu sähköverkkoon ja huolehtii suojauksista. Toimii myös aurinkosähköjärjestelmän verkkoonliitäntälaitteena.



### 3 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN RAKENNUTTAMINEN

Rakennukset ja varsinkin niiden katot ovat hyviä sijoituspaikkoja aurinkopaneeleille. Aurinkosähköteknologian integroiminen osaksi rakennuksen arkkitehtuuria vaatii kuitenkin huolellista suunnittelua, jotta kokonaisuudesta tulisi luonteva ja eheä. Aurinkosähköjärjestelmän rakennuttamiseen liittyy myös joukko eri vastuita, jotka jakautuvat usealle eri toimijalle ja joista rakennushankkeeseen ryhtyvän on hyvä olla tietoinen. Katso laatikko *Aurinkosähköjärjestelmän rakennuttamisen vastuut*.

Aurinkoenergialla voidaan tuottaa osa kiinteistön tarvitsemasta energiasta ja samalla vähentää päästöjä. Asennukset voivat kuitenkin näyttää vierailta etenkin vanhoissa rakennuksissa ja huolimattomasti sijoitettuna jopa pilata rakennuksen arkkitehtonisen ilmeen.

Yksinkertaisinta on sijoittaa paneelit loivalle katolle (ent. tasakatto) kallistuskulmaltaan sopiviin telineisiin tai asentaa ne erilaisissa lapekatoissa lappeen suuntaisesti. Aurinkopaneelit voivat korvata (BIPV) tai yhdistyä johonkin muuhun pintamateriaaliin tai rakenneosaan ja olla osa rakennuksen ulkoarkkitehtuuria.

Aurinkopaneelit voivat rakennusosana tai lisäosana:

- toimia osana vesikattojärjestelmää varsinaisen vesikaton päällä
  - korvata julkisivumateriaaleja ja olla osa julkisivusommitelmaa
  - toimia parvekekaiteissa näkösuojina
  - toimia varjostavina valokatteina
- \* toimia autokatoksissa näkösuojina ja katteina mahdollistaen samalla osaltaan esim. sähköautojen lataamisen.

Aurinkopaneelien sijoittaminen viherkatonlehdelle yhdistää energiantuotannon hulevesien hallintaan ja luonnon monimuotoisuuden tukemiseen.

Viherkatto viilentää katon mikroilmastoa ja parantaa näin aurinkopaneelien hyötysuhdetta. Suunnittelussa tulee tarkistaa paneelien asento ja valonläpäisevyys riittävän valonsaannin varmistamiseksi valitulle kasvustolle ja huolehtia siitä, ettei kasvillisuus pääse varjostamaan paneeleja. Lisäksi, jos viherkatto ei ole paloluokiteltu (Broof), pitää sen paloturvallisuus tarkastella erikseen. Viherkattoja käsittelee tarkemmin *RT 85-11203, Viherkatot ja katto- ja kansipuutarhat, periaatteet*.

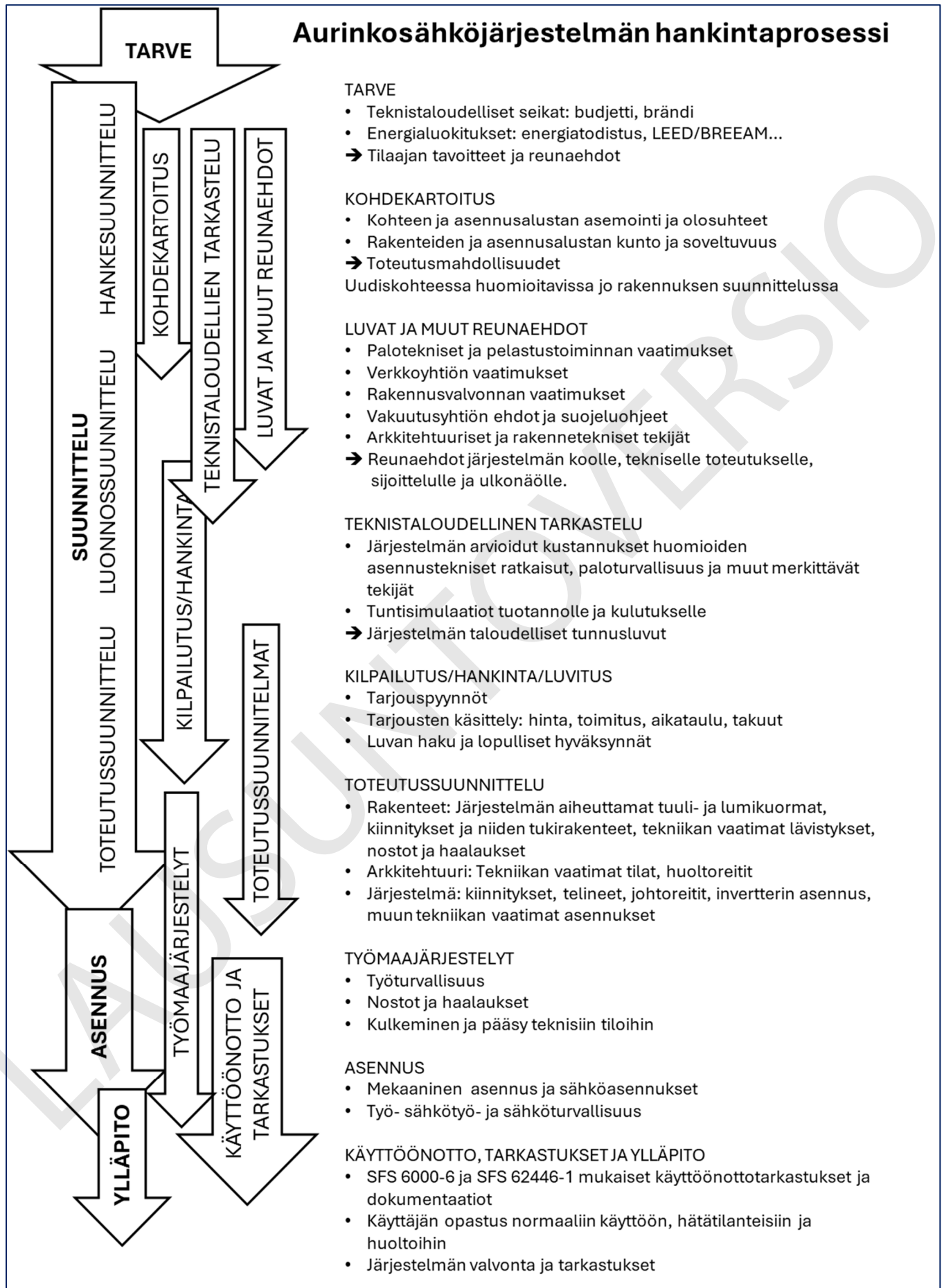
Aurinkosähköjärjestelmän rakennuttamiseen liittyy monia eri vaiheita ja tahoja kiinteistön koon ja käyttötarkoituksen mukaan. Kuvassa 4 esitetty Aurinkosähköjärjestelmän hankintaprosessi -kaavio kuvaa hankintaprosessin etenemistä ja siihen liittyviä eri vaiheita ja niissä huomioitavia asioita pääpiirteissään. Eri vaiheet etenevät usein käytännössä rinnakkain samanaikaisesti. Pienemmissä esim. omakotitalokohteissa suunnittelussa päästään yleensä kevyemmällä suunnittelulla verrattuna suurempiin ja esim. paloteknisesti vaativampiin kiinteistöihin.



*Kuva 2. Aurinkosähköpaneeleja integroituna rakennusten julkisivuun korvaamaan tavanomaisen parvekekaiteen. Kuva Pekka Hänninen*



*Kuva 3. Kun talon katon lappeet ovat väärään ilmansuuntaan, aurinkopaneelit on sijoitettu osaksi piharakennuksen julkisivua. Lantti-talo, Vuores, Tampere. (Aalto yliopisto 2012). Kuva Pekka Hänninen.*



Kuva 4. Aurinkosähköjärjestelmän hankintaprosessi.

## Aurinkosähköjärjestelmän rakennuttamisen vastuut

Aurinkosähköjärjestelmän rakennuttamisen vastuut jakautuvat usealle eri taholle, ellei niitä ole mahdollisesti sopimusteknisesti toisin määritelty. Tässä on esitetty vaihtelevasti kiinteistön haltijan ja sähkölaitteiston haltijan roolia, sillä juridisesti nämä voivat olla eri tahoja laajoissa kiinteistöissä. Taloyhtiöissä erilaiset eri rakenneosien mukaiset vastuujaoat ovat myös mahdollisia yhtiöjärjestyksen perusteella. Rakennuttamisen lisäksi muita mahdollisuuksia aurinkosähkön hyödyntämiseen ovat mm. Leasing tai PPA-malli tyyppiset ratkaisut. Näissä vastuunjako sovitaan tapauskohtaisesti sopimuksin.

### Rakennusvalvonta:

Rakentamisen luvanvaraisuuden selvittämisestä vastaa kiinteistön haltija. Yleensä järjestelmän asentava urakoitsija tekee tämän selvityksen tilaajan puolesta. Lupakäytännöissä on kuntakohtaisia eroja, jotka tulee tarkistaa järjestelmän sijaintikunnan rakennusvalvonnasta. Yleiset suuntaviivat löytyvät myös kunnan rakennusjärjestyksestä.

### Katteet ja yläpohjarakenteet:

Kiinteistön haltija vastaa kiinteistön rakenteellisista asioista, kuten yläpohjan rakenteiden kestävydestä. Aurinkosähköjärjestelmän asentaja vastaa kiinnitys- ja telinejärjestelmän soveltuvuudesta kohteeseen ja siihen kohdistuville kuormituksille sekä katteen rakenteellisesta toimivuudesta ja vesitiiveydestä. Asennuksessa huomioidaan esimerkiksi katteen lävistyksien vesitiiviyden tai kelluvan järjestelmän mahdolliset painumat ja jäätyvän veden rasitukset. Katevalmistajan takuuehtoja ja asennusohjeita lävistyksille tulee noudattaa, muussa tapauksessa katteen ja tehdyn työn takuut raukeavat. Katteelle tulee pystyä tekemään myös takuuehtojen ja ohjeiden mukaiset huoltotyöt.

### Liityntä yleiseen jakeluverkkoon:

Sähkölaitteiston haltija vastaa verkkoyhtiön kanssa tuotantolaitteiston liittämisen selvittämisestä. Selvitykseen tarvitaan joitain sähkötekniisiä tietoja ja asentavan sähköurakoitsijan tiedot, joten yleensä sähköurakoitsija tekee tämän selvityksen osana urakkaa.

### Pelastustoiminta:

Pelastusviranomaisen kanssa tehtävistä selvityksistä vastaa kiinteistön haltija. Sähköurakoitsija vastaa, että tarjottu järjestelmä on näiden pelastustoimen mahdollisten lisävaateiden mukainen, joten yleensä sähköurakoitsija tai -suunnittelija tekee tämän selvityksen osana suunnittelua.

### Sähköasennukset:

Asennettavan laitteiston sekä siihen liittyvien kiinteistön muiden sähköjärjestelmien sähköturvallisuudesta vastaa sähköurakoitsija, kunnes järjestelmät on käyttöön otettu ja luovutettu laitteiston haltijalle.

### Järjestelmätoimittaja:

Aurinkosähköjärjestelmän toimittaja vastaa siitä, että toimitetun järjestelmän komponentit täyttävät tarvittavat tuotehyväksynät ja että kiinnitysjärjestelmän ominaisuudet vastaavat kohteen vaatimuksia.

### Ylläpito:

Järjestelmään, rakenteisiin ja katteisiin liittyvästä rakenne- ja sähköteknisestä ylläpidosta vastaavat kiinteistön haltija ja sähkölaitteiston haltija.

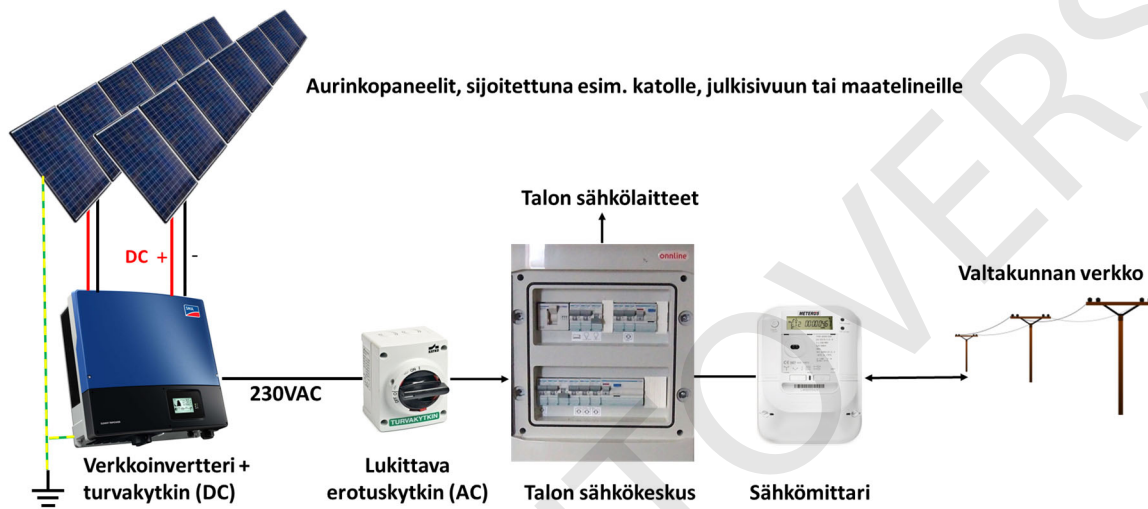


## 4 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄ

Verkkoon kytketyn aurinkosähköjärjestelmän pääkomponentit ovat:

- aurinkopaneelit
- kiinnitysjärjestelmä: katemateriaalikohtaiset kiinnikkeet, telineet / asennuskiskot ja paneelikiinnikkeet
- kaapelointi: tasasähkö (DC) ja vaihtosähkö (AC)
- verkkoinverterti
- erotuskytkin, vaihtosähkö (AC)

Aurinkopaneeleilla auringon säteilyenergia muunnetaan tasasähköksi. Tasasähkö muunnetaan verkkoinverterillä vaihtosähköksi, jonka jälkeen sitä voidaan hyödyntää kiinteistön sähkölaitteissa ja myydä ylijäävä osuus sähköverkon kautta.

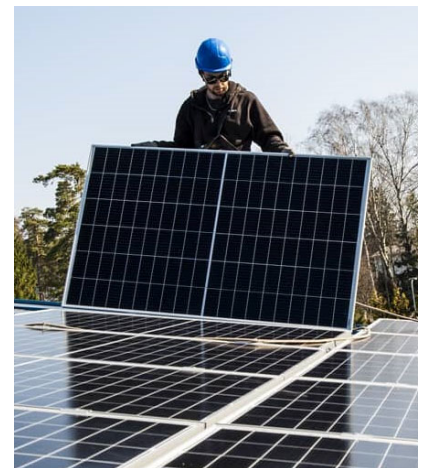


Kuva 5. Aurinkosähköjärjestelmän osat ja rakenne. Kuva Petri Lähde.

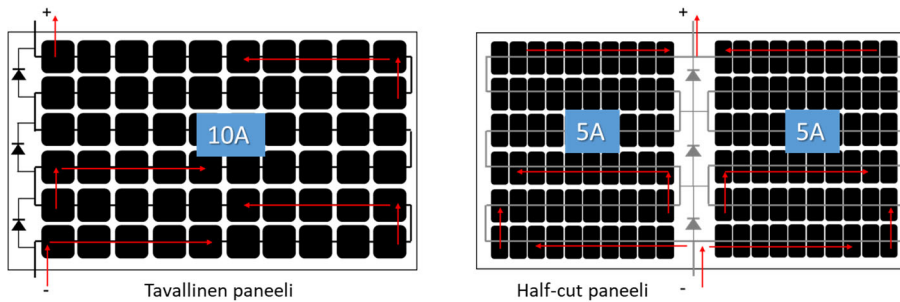
### 4.1 Aurinkopaneeli

Aurinkosähköpaneeli koostuu aurinkokennoista. Yksittäinen kenno on puolijohdediodirakenne, joka muuttaa absorboimansa auringon säteilyenergian tasavirraksi. Valmistusteknologioita ja -materiaaleja on lukuisia. Yhden paneelin ulostuloteho on tyypillisesti muutamia satoja watteja, joten aurinkopaneeleita kytketään toisiinsa sarjaan riittävän ulostulotehon saamiseksi. Asennuksessa käytettävien paneelien tulisi olla CE-merkittyjä ja niille tulisi löytyä aina vaatimuksenmukaisuusvakuutus (certificate of conformation), datalehti, asennusohje ja takuehdot. Seuraavassa on esitelty lyhyesti yleisimpiä kennotyyppejä ja taulukossa 1 on koostettuna kennotyyppien tärkeimpiä ominaisuuksia.

**Piipohjainen teknologia** pohjautuu kiteiseen piihin. Paneelit koostuvat sarjaan kytketyistä kennoista. Alatyyppeinä näissä paneeleissa ovat yksikiteinen ja monikiteinen pii. Alkuvuodesta 2023 ilmestyneen raportin mukaan vuonna 2021 vallitsevana teknologiana on ollut kiteiseen piihin perustuvat paneelit noin 95 % tuotanto-osuudella. Viime vuosina ns. half-cut tekniikalla toteutetut paneelit ovat vallanneet markkinaa ja ovat piikennopaneelien uusi normaali (Kuvat 6-8).



Kuva 6. Aurinkopaneelia (half-cut) asennetaan katolle.  
Kuva Solarvoima.



Kuva 7. Aurinkopaneeli koostuu sarjaan kytketyistä aurinkokennoista. Fyysisesti samankokoisessa half-cut paneelissa on kaksinkertainen määrä, puolitettuja kennoja tavalliseen nähden. Ohitusdiodien (3 kpl) avulla varjostunut lohko ohitetaan tarvittaessa, jolloin ko. lohkon aiheuttama tehohävikki minimoituu. Tavallisessa paneelissa kolmella ohitusdiodilla saadaan jaettu paneeli kolmeen lohkoon; half-cut paneelissa kuuteen lohkoon, koska paneeli on jo valmiiksi jaettu kahteen rinnan kytkettyyn puoliskoonsa. Kuva Petri Lähde.



Kuva 8. Half-cut (black) paneeleja (33 kpl) asennettuna Kotkan Sapokan vierasvenesataman saunan pulpettikatolle kesällä 2021. Kuva Teemu Heikkinen

Todella ohuista piikennoista koostuva paneeli ei kestä juuri taivuttelua, joten se tarvitsee ympärilleen suojaavan rakenteen. Piikennot ja niitä yhdistävät kytkentälangat tyhjiölaminoidaan lasilevyn ja taustakalvon väliin ja kokonaisuus suojataan alumiinikehyksellä.

Kennosto voidaan myös laminoida kahden läpinäkyvän, tyypillisesti lasisen levyn väliin, jolloin puhutaan bifacial paneelista. Näissä toinen puoli ottaa vastaan esim. vaaleasta taustasta, lumesta tai takana olevasta paneelirivistä heijastuvaa valoa. Tyypillinen käyttötapa on asennus avoimeen maastoon esim. pellolle suunnattuna etelään suhteellisen isossa kaltevuuskulmassa, jolloin kesä aamuin ja illoin saadaan takapuolelta hieman lisätuotantoa. Paneeli voidaan asentaa myös vertikaaliasentoon itä-länsi-asennuksena, jolloin paneelin huipputuotto kohdistuu aamun ja illan tunteihin.

**Ohutkalvotekniikka** sisältää lukuisia alatyyppejä. Yleisimpiä ovat amorfinen pii, CdTe (*Cadmium-telluride*) ja CIGS (*Copper-iridium-gallium-diselenide*). Niistä voidaan valmistaa lasipaneelien lisäksi joustavia aurinkopaneeleja, jolloin ne eivät ole yhtä herkkiä kuljetus- tai asennusvaurioille kuin kiteisestä piistä valmistetut paneelit. Ohutkalvopaneelit eivät varjossa menetä tuottoa niin paljon kuin kiteisestä piistä valmistetut paneelit.

**Orgaaniset ja väriainepohjaiset** aurinkokennot edustavat uudempaa teknologiaa. Paneeleja voidaan valmistaa painamalla tai tulostamalla, mikä

voi olla hyvin kustannustehokasta. Suurimmat ongelmat liittyvät kennojen pitkän aikavälin kestävyys, joten ne eivät ole vielä varteenotettava vaihtoehto rakennuksissa.

**Perovskiitti-kennot** ovat osoittaneet potentiaalia korkeaan suorituskykyyn ja alhaisiin tuotantokustannuksiin. Materiaalin etuna on, että niiden vastetta eri aallonpituuksille voidaan muokata, jolloin niiden avulla voidaan täydentää joustavasti muiden kennomateriaalien puutteita. Perovskiitti-piitandemrakenteella voidaan paneelien hyötysuhdetta tulevaisuudessa parantaa yli piipohjaisten paneelien maksimihyötysuhteen.

Käytännössä Perovskiitti-kennoja ei ole toistaiseksi kaupallisesti saatavilla ja tekniikka on kehitysvaiheessa.

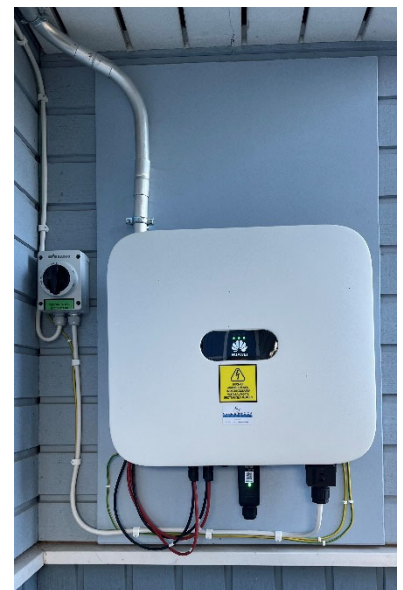
*Taulukko 1. Yleisten kennotyyppien ominaisuuksia mm. suurimmat saavutetut hyötysuhteet (2023). Tuoreimpia testaustuloksia ja vertailuja ylläpitää The National Renewable Energy Laboratory (NREL) Yhdysvalloista. Taulukko: ST-käsikirja 40, Sähkötieto ry.*

Ominaisuudet	Kiteinen pii			Ohutkalvo		3. sukupolvi
	Monikiteinen	Yksikiteinen	Amorfinen pii	CIS/CIGS	CdTe	
Kennon hyötysuhde, 2023 (%)	23,3 %	26,8 %	14 %	23,6 %	22,3 %	26 % (Perovskite)
Paneelin hyötysuhde, 2023 (%)	20,4 %	24,7 %	9,8 %	20,3 %	19,5 %	17,9 % (Perovskite)
Lämpötilan vaikutus (STC) tehoon (% / +1 °C)	-0,4...-0,5	-0,3...-0,5	-0,1...-0,3	-0,25...-0,35	-0,25...-0,35	...
Mekaaninen rakenne	hauras	hauras	joustava	joustava	joustava	joustava
Varjostus	herkkä	herkkä	sietää	sietää	sietää	sietää
Käyttöikä (vuotta)	yli 30	yli 30	yli 30	yli 30	yli 30	0,5-3

## 4.2 Verkkoinvertteri

Kiinteistöikäyksen aurinkopaneelit tuottavat yleensä 30...50 V tasasähköä, joka ei sellaisenaan sovi vaihtosähkölle perustuvaan kiinteistöön. Paneelit kytketään verkkoinvertterille sen tyyppistä riippuen joko 1...6 kpl kerrallaan (mikroinvertterit) tai yleisemmin paneeliketjuina (ketjuinvertterit). Verkkoinvertteri muuntaa paneelien tuottaman tasasähkön kiinteistön sähköverkkoon ja -laitteille sekä yleiseen sähköverkkoon sopivaksi vaihtosähköksi. Verkkoinvertteri toimii myös koko järjestelmän aivoina, mitä kautta järjestelmän asetuksia voidaan säätää sekä toimintaa ja tuottoja seurata.

Verkkoinvertterimallit eroavat toisistaan mm. kytkettävän maksimitehon, MPPT-sisääntulojen määrän, akuston kytkentämahdollisuuden (hybridi/perus) ja IP-luokituksen suhteen. Esimerkiksi jos invertterissä on vain yksi MPPT-sisääntulo, kaikkien siihen liitettävien ja samassa ketjussa olevien paneelien tulee olla samaa tyyppiä ja täsmälleen samoissa valaistusolosuhteissa (samat kaltevuus- ja suuntakulmat, varjot). Jos invertteriin halutaan liittää kaksi itsenäistä paneeliketjua, valitaan invertteri, jossa on ainakin kaksi MPPT:tä. Tällöin molempien paneeliketjujen tuotto saadaan optimoitu.



Kuva 9. Verkkoinvertteri asennettuna ulkoseinälle. Välissä pakollinen palosuojalevy (SFS 6000-4-42). Suojalevyn suositeltava koko ja asemointi löytyy laitevalmistajan asennusohjeista. Kuva Teemu Santanen.

Jos invertteri asennetaan ulos, on sen oltava ulos asennettavaksi soveltuvaa mallia eli sen IP-luokituksen on oltava asianmukainen tai sille on asennettava erillinen suojakotelo, joka täyttää luokituksen. Kaikkien verkkoinvertterien on täytettävä standardin SFS-EN-50549-1 ja Suomen kansalliset vaatimukset ja asetukset pienjänniteverkkoon kytkemisestä.

### 4.3 Akusto

Akustoja on perinteisesti käytetty pienissä mökkijärjestelmissä, joissa ne ovat olleet välttämättömiä yleisen sähköjakeluverkon puuttuessa. Näissä koon lisäksi myös tekninen ratkaisu on hyvin erilainen verkkoon kytkettyihin aurinkosähköjärjestelmiin verrattua. Verkkoon kytketyn aurinkosähköjärjestelmän rinnalle voidaan myös kytkeä akusto, jolla voidaan parantaa aurinkosähkön omakäyttöosuutta käyttämällä päivällä tuotettua sähköä myös auringon laskettua. Akuston käyttö vaatii joko ns. hybridimallisen invertterin, jälkiasennuksena invertterin yhteyteen asennettavan erillisen laitteen tai erillisen akustojärjestelmän, jossa on oma invertterinsä. Yksinään aurinkosähkön omakäyttöosuuden nostamisen kannalta ei ole kannattavaa akustoa rakentaa, mutta teknistaloudellista hyötyä voidaan saavuttaa myös muista sähkömarkkinoiden mekanismeista, kuten huipputehon leikkauksesta ja pörssisähkön hinnan vaihtelusta.

Akustojen viimevuosien hintakehitys on ollut suotuisa ja kaikkia eri markkinamekanismeja hyödyntäen on jo nykyisellään tehtävissä kannattavia ratkaisuja. Myös sähköauto akustoineen voi toimia kiinteistön akkuvarastona ja aurinkosähköpuskurina. Akustojen mahdollisimman pitkän käyttöajan ja turvallisen käytön ja hoidon kannalta on tärkeää huolehtia akustolle asianmukaiset tilat. Akkujen ja akkutilojen sijoittelun ja rakenteen määrittämisessä auttaa *RT 103464 Akkuhuoneet ja varaamotilat*.

#### Verkkoinvertterityypit

**Ketjuinvertterit** ovat yleisimmin kiinteistökohtaisissa aurinkosähköjärjestelmissä käytettäviä invertterityyppejä. Niitä käytetään kuitenkin kaikissa voimalatyypeissä omakotitaloista aina suuriin satojen megawattien aurinkopuistoihin asti. Laitteiden tehoskaala on laaja, yhdestä kilowattista jopa 385 kilowattiin asti. Ketjuinverttereissä jokainen paneeliketju kytketään omanaan invertterin sisääntuloon. Nykyisissä pienemmissäkin (3 kW) kotitalouden inverttereissä on useampi paneeliketjun sisääntulo ja MPPT-säädin, joiden avulla voidaan toteuttaa eri suuntaan olevia tai eri tavalla varjostuvia paneeliketjuja.

**Mikroinvertterit** asennetaan yleensä katolle paneeliston alle ja niihin kytketään vain 1...6 paneelia. Etuina on (palo)turvallisuuden kannalta tasasähköosan rajoittuminen fyysisesti sekä jännitteeltään pienempiin yksiköihin. Lisäksi varjostukset vaikuttavat vain paneelikohtaisesti ja paneeleja voidaan valvoa tarkasti yksittäin ja havaita viat nopeammin. Toisaalta katolla ja paneelien alla sijaitessaan laitteet ovat alttiimpia suuremmille lämpötilan muutoksille. Sama pätee DC-optimoijiin.

**DC-optimoija** edustaa ketjuinvertterin ja mikroinvertterin välimuotoa. Aurinkopaneelin kytkentärasiaan on integroitu tai erilliseen lisärasiaan (toimii myös jälkiasennuksena) lisätty DC-DC-säätöelektronikka, joka sisältää paneelikohtaisen MPPT:n ja tuoton seurannan. Järjestelmällä voidaan yleensä toteuttaa myös paneelien jännitteen katkaisu ja rajata hätätilanteessa jännite turvalliselle tasolle. Paneeliketjun jännite ja tasasähköosan laajuus ovat normaalitilanteessa samanlaiset kuin ketjuinvertterillä. Paneelikohtainen DC-optimoija tuplaa paneeliketän DC-liitosten määrän, mikä osaltaan lisää riskiä huonoille liitoksille.

**Keskusinvertterit** ovat suurissa megawattiluokanaurinkovoimaloissa ja -puistoissa käytettyjä ketjuinverttereiden kaltaisia laitteita, jotka yleensä kytketään suoraan jakeluverkon keski- tai suurjänniteverkkoon. Niissä on vain yksi MPPT ja paneeliketjut kytketään niihin erillisillä combiner boxilla.



## 5 JÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU

Kun tarve sekä tilaajan tavoitteet ja reunaehdot kuten budjetti, rahoitus ja kiinteistön vakuutuksen mahdolliset vaatimukset aurinkosähköjärjestelmälle on selvitetty, voidaan aloittaa varsinainen suunnitteluprosessi. Suunnittelu lähtee liikkeelle kohteen toteutusmahdollisuuksien kartoittamisesta päätyen käytännön teknisten asennusten ja työmaajärjestelyjen suunnitteluun. Laatikko ”Suunnittelussa huomioitavat asiat” listaa aiemmin esiteltyä hankintaprosessikaavion jaottelua mukaillen suunnitteluun kuuluvia ja siinä huomioitavia asioita.

### Suunnittelussa huomioitavat asiat

#### Kohdekartoitus

- tehdään kartoitus järjestelmän asennusmahdollisuuksista ja olosuhteista (mm. sijainti, asennuspaikka, ympäristön ja katon/paikan varjot)
- selvitetään olemassa olevan katon kunto, kestävyys ja sen mahdollisesti vaatimat toimenpiteet ja tuomat rajoitteet ennen järjestelmän asennusta (katso laatikko ”Katon kunnan arviointi)

*Huom. Kaikki katemateriaalit, kuten kuitusementtilevyt eivät sovellu aurinkosähköasennukseen (levyjen hauraus ja uusien huono saatavuus, mahd. asbestityö)*

#### Luvat ja muut reunaehdot

- selvitetään rakennuttamisen luvanvaraisuus kunnan rakennusvalvonnasta
- varmistetaan paloturvallisuusasiat (katso laatikko ”Paloturvallisuus)
- kysytään verkkoyhtiön mahdolliset reunaehdot järjestelmän toteutukselle

#### Teknistaloudellinen tarkastelu

- Tehdään kohteen sähkön kulutukseen ja potentiaaliseen sähköntuottoon perustuva tuntianalyysi tai simulointi sopivan järjestelmän löytämiseksi. Tyypillisesti järjestelmän toimittaja tekee tämän.

#### Toteutussuunnittelu

- Tehdään kohdekohtainen lujuustekninen mitoitus (kiinnikkeiden määrä, jakotiheys ja sijainti)
- selvitetään mahdolliset galvaanisen korroosion riskit olemassa olevan katon katemateriaalin ja järjestelmän kattokiinnikkeiden välillä
- huomioidaan, että useammalle eri lappeelle sijoitettaessa (esim. mansardikatto) tulee eri kallistus- tai suuntakulmaan olevat paneelit kytkeä omaan paneeliketjuunsa ja ketju omaan MPPT:hen invertterillä
- selvitetään aurinkopaneelien vaikutus vesikaton huollettavuuteen sekä takuuseen
- selvitetään paneeliston vaikutus kaikkien katon muiden kohteiden (hormit, savunpoistolukut ym.) huollettavuuteen
- jätetään harjan ja paneelienten väliin riittävä kulkutila kattosillalle ja paneelien huoltoa varten sekä laitteiden ja räystään väliin riittävästi tilaa muun muussa lumitöille (ks. kuvat 13 ja 14)
- huomioidaan lumiasteiden toiminta paneeliasennuksen kanssa (ks. kuva 14)
- huomioidaan mahdollinen lumen kinostuminen esim. sisäjiireihin (mahd. ehkäisy, lumikuormien ja lumen poiston vaikutus ja tilatarpeet), etäisyys sisäjiiristä paneelisiin vähintään 1,5 m
- huomioidaan lumen putoaminen ja pudottaminen riittävin suojaetäisyyksin ja työskentelytilavaruusin

#### Työmaajärjestelyt

- suunnitellaan asennuksen logistiikka (liikennejärjestelyt ja kulkeminen kohteessa, nostot, haalauspaikat, tarvikkeiden varastointi, suojaukset ym.)
- suunnitellaan asennuksesta tiedotus (asukkaat, sähkökatkot, muut häiriöt)
- laaditaan kohdekohtainen työturvallisuusohjeistus
- suunnitellaan tarvittavat johdinreitit ja niiden läpiviennit. Lähtökohtaisesti rakenteiden läpivientejä tulee välttää. Jos läpivientejä on pakko tehdä, suunnitellaan ne niin, että rakenteen ominaisuudet (esim. palokatko) pysyvät samana läpiviennistä huolimatta. Läpiviennin riskit ovat pienemmät harjan lähellä.

## Paloturvallisuus

Paikallisen pelastusviranomaisen kanssa on syytä neuvotella toteutuksesta, mikäli kohde on pelastussuunnitelman alainen kiinteistö tai sen toiminnot ovat sellaisia, että kohteessa voidaan joutua tekemään merkittäviä pelastustoimen tehtäviä.

Pelastuslaitosten kumppanuusverkoston [Aurinkosähköjärjestelmien paloturvallisuusohje](#) on ladattavissa vapaasti [www.pelastuslaitokset.fi](http://www.pelastuslaitokset.fi) sivustolta ja kyseinen ohje on laajalti sovellettu eri viranomaisalueilla. Pelastustoimen huomioimiseksi järjestelmissä voidaan tehdä mm. seuraavia toimenpiteitä:

- Järjestelmäratkaisussa huomioidaan kehittyneemmät suojaustoiminnot ja poiskytkentämahdollisuudet paneeliston jännitteiden rajaamiseksi poikkeustilanteissa, jos esimerkiksi katolla joudutaan tekemään merkittäviä pelastustoimen tehtäviä.
- Paneeliston sijoittelussa huomioidaan pelastustoimen toiminnan edellytykset suhteessa kiinteistön turvallisuusjärjestelmiin, kuten savunpoistoluukkuihin tai kiinteistön paloa osastoviini rakenteisiin. Esim. jätetään paneeleista vapaa, vähintään kahden metrin käytävä paneelikenttien väliin alapuolisten palo-osastovien seinien kohdalle. Yhtenäisen paneelikentän suositeltava enimmäiskoko on 20 x 20 metriä. Ylipäättään paneelistoon itseensä kohdistuvien toimien mahdollistamiseksi huomioidaan riittävät turvalliset kulkureitit ja muut järjestelyt.
- Kohteen pelastustoimen käyttämille laitteistoille, kuten paloilmioittimen luokse laaditaan riittävät ohjeet aurinkosähköjärjestelmän saattamiseksi mahdollisimman turvalliseen tilaan ja lisäksi tehdään paneelistolle ja sen läheisyyteen johtaville reiteille lisämerkintöjä varoittamaan sen vaaroista tai lisäämään muuta opastusta.

Kattavammat tiedot ja seikkaperäiset ohjeet löytyvät viitatusta paloturvallisuusohjeesta.

## Katon kunnan arviointi

Ennen aurinkosähköjärjestelmän asennusta katolle kannattaa varmistaa katon riittävä kunto ja tekninen käyttöikä. Seuraavia asioita on hyvä tarkastaa.

### Harjakatot yleisesti

- tehdään kartoitus järjestelmän asennusmahdollisuuksista ja olosuhteista (mm. sijainti, asennuspaikka, ympäristön ja katon/paikan varjot)
- katon alusrakenteen kunto
- aluskatteen kunto
- ruoteiden ja kantavien rakenteiden kunto ja lujuus
- onko käytetty tuuletusrimaa, jolloin aluskate ei ole kiinni ruoteen alapinnassa
- läpivientien tiiveys
- yläpohjan riittävä tuuletus, erityisesti jos on ns. vinoja sisäkattoja
- pesun tarve ja kasvuston poistotarve

### Metalliset katteet

- saumakaton kiinnitysklammerien kiinnitys alustaan
- jälkikäteen maalatun peltikaton mahdollinen maalaustarve
- katteen kunta

### Tiilikate

- kattotiilien eheys
- mahdollinen sammaleen poisto
- katon pinnoitustarve, joka helpottaa myöhemmin huoltotoimenpiteitä

### Loivat katot yleisesti

- eristyksen kantavuus
- vaikutukset katon tuuletukseen

## 5.1 Luvat ja muut reunaehdot

Aurinkosähköjärjestelmäsuunnittelun aluksi selvitetään paikalliset ajankohtaiset lupakäytännöt oman kunnan rakennusvalvonnasta. Tämä on tärkeää myös siksi, että lupakäytännöissä voi hyvinkin olla kuntakohtaisia eroja ja lisäksi ohjaava laki on muuttumassa.

Uuden 1.1.2025 voimaan astuvan rakentamislain (751/2023) mukaan esim. aurinkoenergiajärjestelmän asentaminen rakennukseen on luvanvaraista vain mm. jos ”toimenpiteellä on vähäistä suurempi vaikutus alueiden käyttöön, kaupunkikuvaan, maisemaan, kulttuuriperintöön tai ympäristönäkökohtiin.” Eli aiempaan lainsäädäntöön verrattuna lupaprosessi kevenee ja yksinkertaistuu ja suosii aiempaa enemmän aurinkoenergian rakentamista. Jatkossa on esimerkiksi enää vain yksi rakentamislupa aiempien eri vaihtoehtojen sijaan, eikä sitäkään useimmiten tarvita.



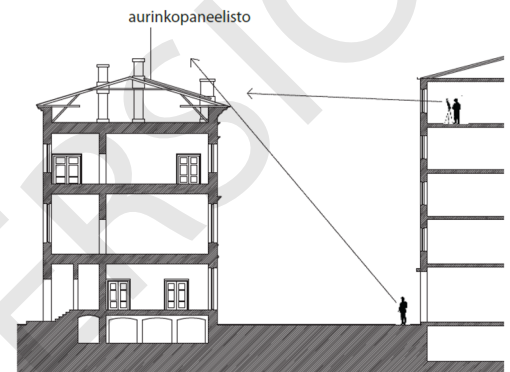
Paikallisilla sähkösiirtoyhtiöillä eli verkkoyhtiöillä on omia ohjeitaan suurimman sallitun tuotantolaitoksen mitoittamiselle. Mikäli kaavaillaan verkkoyhtiön perusohjetta suurempaa voimalaa, tulee asiasta neuvotella erikseen verkkoyhtiön kanssa. Näiden rajausten taustalla on sähkönjakelun laatustandardien velvoitteet sekä myös eri sähköasiakkaiden yhdenvertainen mahdollisuus liittää omaa sähköntuotantoa yleiseen sähköverkkoon.

Paikallisen pelastusviranomaisen kanssa on syytä neuvotella järjestelmän toteutuksesta ainakin, mikäli kohde on pelastussuunnitelman alainen kiinteistö. Katso laatikko *Paloturvallisuus*.

Lisäksi aurinkopaneelien sijoittaminen suojeltujen tai kaupunkikuvallisesti merkittävien rakennusten yhteyteen vaatii erityisen huolellista suunnittelua:

- laitteiden sijoittelua tutkitaan olennaisista tarkastelusuunnista ja varmistetaan, että paneelit häiritsevät kokonaisuutta mahdollisimman vähän
- laitteet sovitetaan rakennuksen ja rakenteiden mittakaavaan, eivätkä ne saa estää rakenteiden myöhempää korjaamista tai vaikuttaa niiden kestävyYTEEN
- paneelit sijoitetaan lappeensuuntaisesti, ja jos paneelit jaetaan useampaan kenttään, ne sijoitetaan yhtä etäälle harjasta ja linjaan keskenään
- pyritään muodostamaan yhtenäisiä, suorakaiteen muotoisia paneelikenttiä ja valitaan kattopintaan parhaiten sopiva malli ja väri: esimerkiksi mustalle katolle ns. täysmustat paneelit.

Paneelit saattavat myös aiheuttaa häiritseviä heijastuksia tai häikäisyä naapuritaloihin. Naapureiden kanssa on hyvä keskustella hankkeesta.



Kuva 10. Tutkielma aurinkopaneelien näkymisestä ja heijastuksista kiinteistön katolla. Kuva Pekka Hänninen.



Kuva 11. Esimerkkikuva aurinkopaneelien sijoittamisesta vanhan rakennuksen katolle. Kiinteistönomistajan on huomioitava myös järjestelmän vaikutukset katon huollettavuuteen ja esim. lumen putoamiseen ja pudottamiseen. Kuva Solarvoima.

## 5.2 Järjestelmän teknistaloudellinen tarkastelu

Kun edellä kuvatut reunaehdot ja rajoitukset ovat selvillä tarvitaan aurinkosähköjärjestelmän tarkempaa mitoittamista ja erityisesti kannattavuuden laskentaa varten yleensä vielä seuraavat tiedot ja tarkastelut:

- kohdekohtainen tuntianalyysi
- sähkön hinnat (energian ostomyynti, siirto ja verot) ja oletettu sähköhinnan kehitys
- järjestelmän hankintahinta (€/kWp) ja tuotantopotentiaali vuodessa (kWh/kWp), tuotantoprofiili koko vuodelta

### Tunti- ja varttinetotus

Vuoden 2023 alusta kaikkia aurinkosähköntuottajia on koskenut tuntinetotus, joka on osaltaan parantanut pientuotannon kannattavuutta, ja samalla tasa-arvoistanut sähköntuottajia paikasta ja jakeluverkonhaltijan mittarointitekniikasta riippumattomiksi. Tuntinetotuksessa kaikki yhden tunnin mittaisen ns. taseselvitysjakson aikana kiinteistön ostama ja myymä (ylijäämä) sähkö lasketaan yhteen saaden vain yksi luku, joka on joko ostoa tai myyntiä aiemmin mahdollisen sekä- että sijaan.

Tunnin taseselvitysjakso muuttui 22.5.2023 virallisesti 15 minuutiksi eli vartiksi. Käytännön siirtyminen tähän varttitaseeseen tarkkuuteen vaatii monen sähköverkkoyhtiön osalta kuitenkin laajaa kuluttajamittarien uusimista, eikä siirtymä siten tapahdu hetkessä vaan useamman vuoden aikana. Siirtymäajalla käytetään vanhaa tuntitasetta, joka vain jaetaan neljään yhtä suureen varttiin osaan.

- mahdolliset tavoitteet esimerkiksi energiaomavaraisuuden, energiaremontin tai E-luvun suhteen
- mahdolliset rahoitustarpeet ja rahoituksen korko
- järjestelmän toteutuksesta riippuen erilaiset ylläpitokustannukset
- mahdolliset saatavilla olevat investointituet
- takuuasiat ja niiden vaikutukset elinkaarikustannuksiin ja riskeihin (katso laatikko Takuuasiat)

Perinteisesti aurinkosähkö on ollut kannattavinta itse kohteessa käytettynä. Viime vuosina tätä on muuttanut paneelien hinnan lasku suhteessa muihin kiinteisiin kuluihin. Kiinteitä kuluja ovat esimerkiksi muut (laite)hankinnat ja asentamiseen liittyvät kulut, joiden hinta ei nouse samassa suhteessa paneelimäärän kanssa, vaan pikemminkin näiden osuus kokonaiskustannuksista pienenee järjestelmän koon kasvaessa eli puhutaan ns. skaalaedusta. Lisäksi uusiutuvan sähköntuotannon, erityisesti tuulivoiman kasvu on lisännyt myös aurinkoisten tuntien sähkönhinnan vaihtelua, jolloin tuotannon myynnistäkin voi saada ajoittain hyvän korvauksen. Verkkoon syötetystä ylijäämästä maksetaan yleensä pohjoismaisen pörssisähkön hintaan sidottu korvaus. Ostettu ja myyty sähkö lasketaan ja netotetaan taseselvitysajaksokohtaisesti. Katso laatikko Tunti- ja varttinetotus.

Yleisesti voidaan sanoa, että niin kauan kuin tuotannon omakäyttöosuus ei jää alle 70–90 % tasolle, kannattaa hankkia niin suuri järjestelmä kuin mitä kohteeseen voidaan turvallisesti asentaa ilman kiinteiden kulujen tai rahoituskulujen kasvua. Tuntianalyysillä saavutetaan luotettavin arvio kannattavimmasta järjestelmäkoosta. Laskelmassa on syytä huomioida, että järjestelmäkoon kasvaessa, hinta asennettua paneelikapasiteettia kohden pienenee.

Omakäyttöosuutta voidaan jossain määrin kasvattaa kytkemällä suurempia kulutuslaitteita eli kuormia (esim. lämminvesivaraajat, sähköauton lataus ja jäähdytyslaitteet) päälle ja pois aurinkosähkön saatavuuden mukaan. Jäähdytys lämpöpumpun avulla on hyvä tapa käyttää auringolla tuotettua sähköä, sillä jäähdytyksen kulutushuiput osuvat hyvin yksin aurinkosähkön tuotantohuippujen kanssa. Verkkoinvertterivalmistajilla on tarjolla laiteratkaisuja automaattiseen kuormien päällekytkennän toteutukseen. Erityisesti suuremmissa kiinteistöissä kuormien ohjausta voidaan toteuttaa myös osana kiinteistön automaatiojärjestelmää. Omakäyttöosuuteen voidaan vaikuttaa myös paneelien sijoittelulla ja suuntauksella (katso kappale *Paneelien suuntaus*).

Energiaomavaraisuuden lisääminen voi myös olla aurinkosähköjärjestelmän mitoitusperuste. Tällöin tavoitteena ei ole maksimoida sijoituksen tuottoa, vaan aurinkosähköllä pyritään korvaamaan mahdollisimman suuri osa ostosähköstä. Tässä tapauksessa omakäyttöosuus laskee ja verkkoon syötetyn sähkön määrä vastaavasti kasvaa.

Isompien järjestelmien osalta on hyvä huomata, että kaikkien yli 100 kVA:n nimellistehoisten pienvoimaloiden omistajien tulee rekisteröityä verovelvolliseksi Verohallinnolle ja antaa veroilmoitus, jos vuosituotanto ylittää 800 000 kWh.

Järjestelmän mitoituksessa ja sähkösuunnittelussa tulee myös huomioida kiinteistön olemassa oleva sähköverkko laitteineen kuten mahdolliset varavoimakoneet, lämpöpumput tai sähköauton latausasemat kytkentöineen. Ilman asianmukaisia erityissuunnittelua ja esim. kuormanohjausta voivat vanhat sähkölaitteet yhdessä uuden aurinkosähköjärjestelmän kanssa

## Simulointi

*Aurinkosähköjärjestelmä ja olosuhteet muodostavat monimutkaisen kokonaisuuden jatkuvasti vaihtelevista säteilytehosta ja kulutuksesta johtuen. Järjestelmän tarkka optimointi onnistuu vain suunnitteluohjelmistoilla, joilla vaihtoehtoisia toteutuksia voidaan simuloida. Simulointiohjelmiston raja-arvojen asetukset tulee varmistaa oikeiksi.*

Simulointiin tarvitaan

- kiinteistön todellinen tuntitason sähkönkulutusprofiili energiayhtiöltä (sähkön myynti/siirtoyhtiön online palvelu)
- sähkön myynti- ja ostohinta sekä kuukausimaksut
- järjestön kiinteät ja muuttuvat kustannukset
- kohteen paikalliset auringon säteilytiedot säätietokannasta
- tiedot järjestelmän komponenteista aurinkopaneeli- ja verkkoinvertteritietokannasta
- tieto kohteeseen sopivasta kytkennästä
- tiedot varjostavista elementeistä, jotka huomioidaan joko yksinkertaisella vektorimallilla tai yksityiskohtaisella 3D-mallilla, simulointiohjelmiston ominaisuuksista ja tavoiteltavasta tarkkuudesta riippuen

Simuloinnista lasketaan ennuste järjestelmän tuotolle vuoden jokaiselle tunnille. Tuloksen perusteella saadaan selville järjestelmän tuottama energia, omakäyttöosuus, pääoman tuotto ja takaisinmaksuaika. Parametrejä muuttamalla voidaan hakea kohteeseen optimaalisen tuloksen tuottavaa kokoonpanoa.

aiheuttaa ylikuormitustilanteita rakennuksen sähköverkossa ilman, että olemassa olevat suojalaitteet reagoivat tilanteeseen (Kortetmäki et al). Ympäristöministeriön asetus 718/2020, joka käsittelee rakennusten energiatehokkuusvaatimuksia koskien ”itsesäätyviä laitteita, rakennuksen automaatio- ja ohjausjärjestelmää sekä paikallista sähköntuotantojärjestelmää”, puhuu erityissuunnittelijasta, jonka tulisi huolehtia järjestelmän kokonaisenergiatehokkuudesta ja asianmukaisesta mitoituksesta ja osata huomioida myös edellä mainitut mahdolliset laitteistojen yhteisvaikutusten tuomat rajoitteet aurinkosähköjärjestelmää mitoittaessa.

### 5.3 Toteutussuunnittelu

Paneelistoasennuksen suunnittelussa kiinteistön yhteyteen on huomioitava monia eri sijoitteluun ja rakenneteknisiin vaatimuksiin liittyviä asioita. Lähtien aurinkoisesta paikasta ja päätyen rakenneteknisiin yksityiskohtiin, rajoitteisiin ja vaatimuksiin, jossa pyritään huomioimaan mm. lumi- ja tuulikuormat sekä huollettavuus ja työ- ja paloturvallisuus.

Kohteesta riippuen voi olla vaikea arvioida, milloin mukaan suunnitteluun tarvitaan rakennesuunnittelija. Yleensä se, etteivät mukana jo olevat tahot kuten urakoitsija osaa arvioida jotain asennukseen liittyvää rakenneteknistä asiaa kertoo siitä, että tarvetta on. Tyypillisesti rakennesuunnittelu mutkistuu järjestelmän koon ja kohteen iän mukana. Esimerkiksi isompi massaperustainen loivalle katolle asennettava voimala voi vaatia rakennesuunnittelijaa tai vastaavasti vanhempi kiinteistö, jonka yläpohjan rakenteet ovat jo silmämääräisesti ikääntyneet.

#### Paneeliston sijoittelu

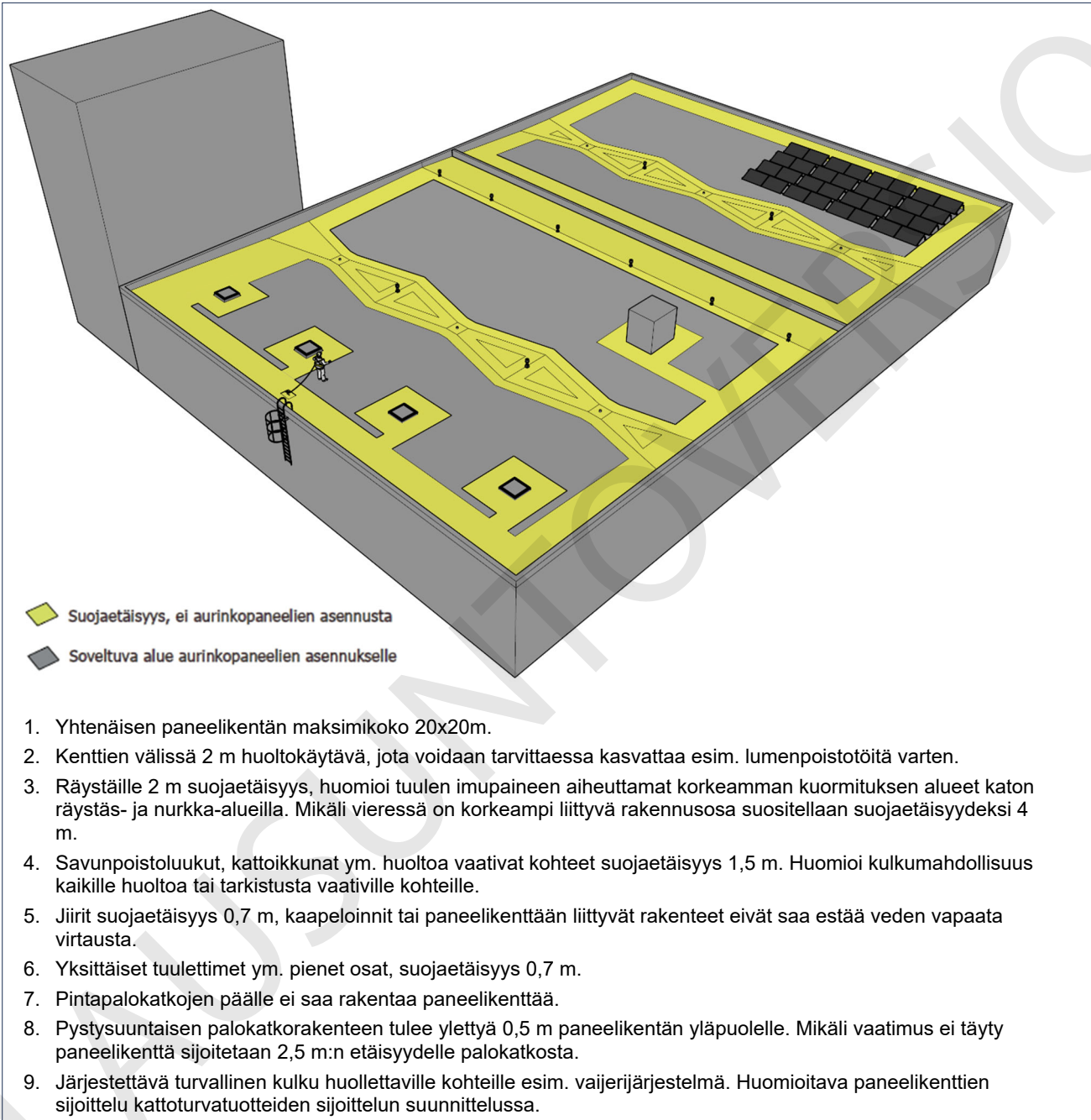
Paneelikenttä sijoitetaan katolle, julkisivuun tai sopivalle maa-alueelle yleensä saman kiinteistön alueella. Kiinteistön hyödyntämä järjestelmä voidaan sijoittaa myös viereisen kiinteistön alueelle, mikäli rajanaapureilla on sama omistaja tai hallinnoija. Sijainnin aurinkoisuus ja vähävarjoisuus on olennainen lähtökohta. Rakennus, jonka katolle tai seinälle aurinkosähköjärjestelmä asennetaan, määrittää käytännössä reunaehdot mahdollisille asennuskulmille ja -suunnille. Kattolapteen, tai seinän suunnasta poikkeavia asennuskulmia tulee välttää. Pinta-alaa aurinkosähköjärjestelmä vaatii kilowatin nimellistehoa kohti noin 5-7 m<sup>2</sup> kattolapteen tai seinän tasoon asennettuna. Jatkuvasti kehittyvä paneelin hyötysuhde pienentää pinta-alatarvetta vähitellen.



*Kuva 12. 90 kW:n aurinkovoimala teollisuusrakennuksen katolla. Katon rakenteet sekä tarve mahdollisille lumitöille huomioidaan suunnittelussa ja asennuksessa. Kuva Janne Käpylehto*

## Sijoittelu loivalle katolle

Suuret loivat katot esimerkiksi liike- ja teollisuusrakennuksissa soveltuvat hyvin aurinkosähkön tuotantoon. Ne ovat valmiiksi tasaisia, ja usein aurinko paistaa niille esteettä. Paneelistojen sijoittelussa on kuitenkin huomioitava erilaisia rajoituksia ja suojaetäisyyksiä. Katso kuva 13.



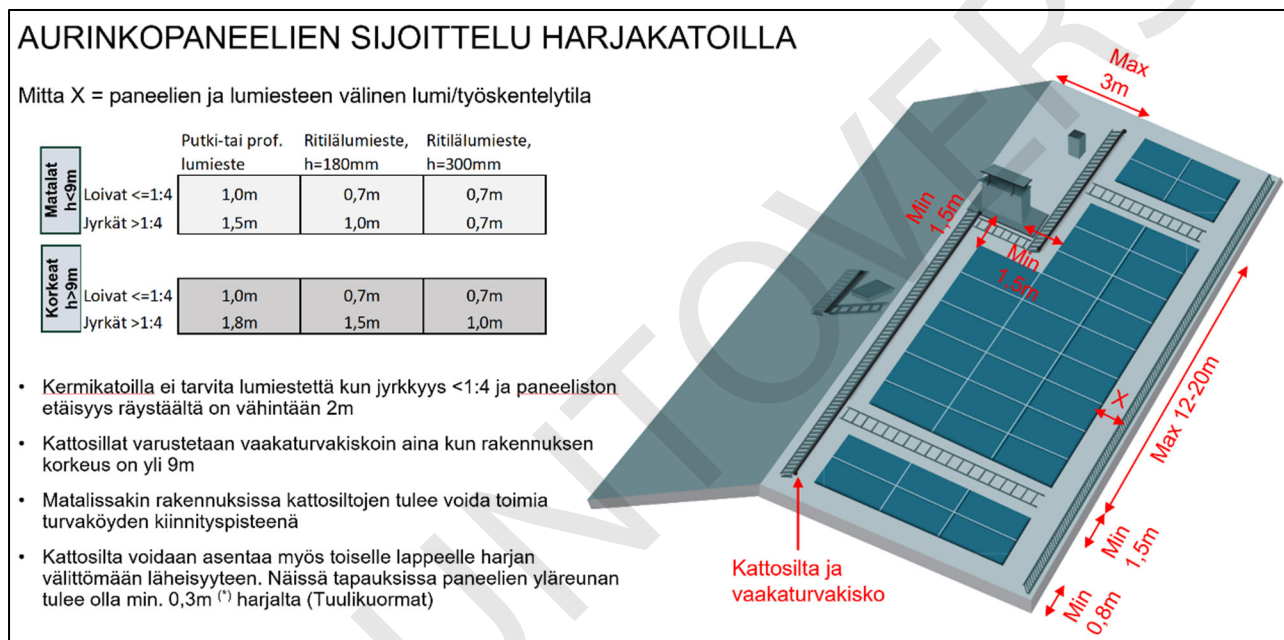
Kuva 13. Minimi suojaetäisyydet ja soveltuvat alueet sijoitettaessa aurinkopaneeleja loiville katoille. Kuva Rami Mustonen.

Loivilla katoilla katon eristerkerros on useimmiten kantavan rakenteen ja sadekatteen (kermi) välissä, jolloin eristerkerroksen rakenteesta ja materiaaleista riippuen katon pinta voi painua pistemäisen kuorman alla. Näin myös kattojen päälle asennettujen aurinkovoimaloiden tukipisteiden alle muodostuu helposti vettä kerääviä painaumuksia, ellei asiaa huomioida suunnitteluvaiheessa. Kuormaa tulisi saada jaettava laajemmille alueille kohdekohtaisesti soveltuvin keinoin. Esimerkkiratkaisu voisi olla pitkät harjalta alaspäin suunnatut asennuskiskot, joiden päälle kiinnitys tapahtuu.



## Sijoittelu harja- ja pulpettikatoille

Harja- tai pulpettikatolle sijoitettaessa paneelikenttä asennetaan mieluummin lähelle harjaa, kuin räystästä ja lappeen tasoon. Harjan lähellä paneelisto on korkeammalla ja siten vähemmän altis esim. lähipuiden varjoille. Lisäksi paneeliston yläpuolelle kertyvä lumi ei pääse kuormittamaan paneelistoa puskevasti, kun väli on kapea. Jos väli jää liian suureksi voi olla tarpeen lisätä lumiaste paneelien yläpuolelle. Väliin sijoitettava kattosilta toimii myös lumiasteena. Tuulikuorman ja erityisesti tuulen nosteen vuoksi paneelikentän ja harjan sekä paneelikentän ja lappeen reunojen väliin tulee kuitenkin jättää selvä väli. Toisaalta räystäälle paneeliston ja usein pakollisten lumiasteiden väliin pitää jättää riittävä väli, mihin paneeliston päältä valuva lumi voi kertyä ja mistä käsin paneelistoa voidaan tarvittaessa huoltaa. Kuva 14 *Aurinkopaneelien sijoittelu harjakatoilla* havainnollistaa näitä asioita ja suositeltavia etäisyyksiä.



Kuva 14. Piirros havainnollistaa miten aurinkopaneelit ja kattoturvatuotteet on suositeltavaa sijoittaa harjakatoille huomioiden lumi- ja tuulikuormitus, palo- ja lumenputoamisturvallisuus, ja riittävät tilat ja mahdollisuudet katon, kattokohteiden ja paneelien turvalliselle huollolle. Yhtenäisen paneelikentän kokoa rajoittavat lisäksi

- 1) palotekniset asiat kuten palomuurien/-katkojen sijainti ja sammutusmatka,
- 2) telinevalmistajan ohjeistus koskien esim. lämpölaajenemisen huomioimista, sekä
- 3) lumenpudottamisen tavat ja mahdollisuudet

\* käytännössä minimimita on tapauskohtainen (kaltevuus, paikkakunta, kiinnitystapa, rakenne). Kuva Jari Pohja.

Aurinkosähköjärjestelmä voidaan toteuttaa myös BIPV järjestelmänä ja korvata aurinkoisen kattolapteen tai julkisivun pintamateriaalia soveltuvalla BIPV tuotteella. BIPV ratkaisut eivät vaadi katolla erityisratkaisuja lumiasteiden tai suojaetäisyyksien suhteen. Usein tuotteista on saatavilla myös ns. näköisversioita, mitkä ovat toimivia BIPV paneeleja edullisempia, ja niitä voidaan käyttää esim. varjoisissa paikoissa säilyttäen kuitenkin kokonaisuuden yhtenäinen ilme. Puhuttaessa BIPV järjestelmistä on tärkeä huomioida, että korvattaessa ulkovaipan materiaaleja niitä koskevat tällöin samat paloluokkavaatimukset, kuin materiaaleja, joita ne korvaavat. Tämä on oleellinen ero verrattuna tavanomaisiin olemassa olevan rakenteen päälle omin telinein irrallisina asennettaviin aurinkosähköjärjestelmiin. Katso laatikko *BIPV aurinkovoimalan paloluokka- ja testausvaatimukset*.



Kuva 15. Paneelit kestävät jopa yli 30 vuotta. Jos rakennuksen vesikatteen odotettu käyttöikä on huomattavasti lyhyempi, kannattaa harkita katteen ja tarvittaessa rakenteiden uusimista aurinkosähköjärjestelmän asennuksen yhteydessä. Kuva Samuli Ranta.

## Rakenteelliset vaatimukset

Katolle asennettaessa on selvitettävä kattorakenteiden kestävyys paneeliston tuoman lisäkuorman myötä. Aurinkopaneelit painavat telineineen ja kiinnikkeineen noin 10...15 kg/m<sup>2</sup>, kelluvan asennuksen yhteydessä tarvitaan myös lisäpainoja tuulikuorman kompensointiin. Katolle kohdistuvat tuuli- ja lumikuormat voivat muuttua paneeliston myötä, mikä on huomioitava suunnittelussa (katso kappaleet Tuulikuormat ja Lumikuormat).

Kattoasennuksessa paneelisto tulee kiinnittää katon kantaviin rakenteisiin pois lukien kelluva asennus. Paneelitelinevalmistajan ohjeista tai heidän tarjoamaa laskentaohjelmistoa hyödyntäen tulee selvittää kattokiinnikkeiden asennusvälit kyseiselle telineelle ja paikkakunta- ja rakennekohtaiselle asennukselle.

Aurinkosähköjärjestelmän kiinnitysosien on kestettävä niihin kohdistuvat kuormat, eikä niiden vaurioituminen saa aiheuttaa rakennuksen käyttöolosuhteissa riskiä rakenteiden lujuudelle, tiiveydelle, käyttöturvallisuudelle tai muulle rakenteen vaurioitumiselle. Vaatimukset tulee täyttyä myös siinä tapauksessa, että järjestelmälle ei ole osoitettu rakentamislupavaatimusta.

Kiinnitysosan suunnittelun ja mitoituksen on perustuttava rakenteiden mekaniikan sääntöihin, yleisesti hyväksytyihin suunnitteluperusteisiin, luotettaviin koetuloksiin tai muihin käytettävissä oleviin tietoihin. Kiinnikkeiden lujuuden ja kestävyuden määrittämiseksi tarvittavat suunnittelu-arvot ja asennusohjeet ilmoitetaan valmistajan tai laitetoimittajan laatimassa tuotehyväksynnässä.

Paneelistoon ja sen telineen ja kiinnityksien kautta kattoon vaikuttaa sekä alaspäin, että ylöspäin suuntautuvia, suunnittelussa huomioitavia kuormia. Alaspäin vaikuttaa järjestelmän omapaino ja lumikuorma, joka kiinnitysjärjestelmän kautta voi jakautua eri tavalla, kuin aikaisemmin. Pelkästään tämän perusteella kiinnikejakoa ei kuitenkaan voi määrittää, koska tuuli aiheuttaa paneelistolle ja edelleen katolle myös ylöspäin suuntautuvaa kuormitusta, imua. Tässä kuorman jakautuminen tasan kiinnikkeiden välillä on erityisen tärkeää, jotta kiinnitykset kestävät.

Suurimmillaan telinevalmistajien suositeltava kiinnikkeiden asennusväli voi olla jopa 1,6 m, mutta tätä tiheimmät asennusvälit ovat yleensä suositeltavia. Yleisiä kattorakenteiden kuormitukseen liittyviä alan suunnitteluperiaatteita noudattaen suurin sallittu kiinnikeväli olisi 1,2 m Tätä määrittelee kattotuolien tiheyden lisäksi mm. suurin sallittu kattotuolien välinen taipuma ruoteille.

## Tuuli- ja lumikuormat

Aurinkopaneelisiin ja edelleen asennustelineiden kautta asennusalustaan kohdistuu tuuli- ja lumikuormia, jotka tulee huomioida suunnittelussa. Suunnittelu perustuu aina paikallisiin olosuhteisiin ja todellisiin rakenteisiin. Ohjeet tuuli- ja lumikuormien laskemiseen löytyvät standardista *SFS- EN 1991-1-6*. Usein kiinnitystelinelinvalmistajat tarjoavat mitoitusohjelmistoa, joilla kuormituslaskelmat on helppo tehdä.

## BIPV aurinkovoimalan paloluokka- ja testausvaatimukset

Vesikate- tai julkisivurakenteeseen integroitujen aurinkosähköjärjestelmien (BIPV) tulee täyttää paloluokaltaan samat vaatimukset kuin niillä osittain tai kokonaan korvattavan vesikate- tai julkisivurakenteen. Valittavan BIPV rakenteen paloluokan on yleensä oltava B<sub>ROOF(t2)</sub>. Vaatimukset on esitetty Ympäristöministeriön asetuksessa rakennusten paloturvallisuudesta pykälissä 28 (vesikatteelle) sekä pykälissä 25 ja 26 (julkisivuille).

B<sub>ROOF(t2)</sub> -paloluokkaan testattu rakenne on materiaalikohtainen, pois lukien alustatyypit, jotka on määriteltävä CEN/TS 1187:2012:ssa standardialustoiksi. Kun testi suoritetaan tietyn alustan kanssa (ei standardialustalla), saadut testitulokset ovat voimassa vain tuotetta käytettäessä alustalla, jonka koostumus on identtinen testissä käytetyn kanssa. Tuotteen ja alustan yhdistelmälle saadut testitulokset koskevat ainoastaan tuotteen käyttöä alustoilla, joiden tiheys on suurempi tai yhtä suuri kuin 0,75 kertaa testissä käytetty tiheys (CEN/TS 1187:2012 5.4.2, 5.10.1 ja 5.10).



## Tuulikuormat

Paneeleihin ja kattoon kohdistuvat tuulikuormat ovat voimakkaasti sidoksissa paikallisiin olosuhteisiin ja asennustapaan. Tuulen aiheuttama kuormitus rakenteille ja kiinnikkeille voi olla sekä alaspäin (paine), että erityisesti ylöspäin (noste, imu) suuntautuvaa. Katon lappeen suuntaan asennettuun aurinkopaneeliin kohdistuu pienempi tuulikuorma kuin lappeen tasosta poikkeavaan kulmaan asennettuun paneeliin. Toisin sanoen lappeen tasosta poikkeavia asennuskumia kannattaa lähtökohtaisesti välttää.

Loivan katon asennuksessa tuulikuorma lisääntyy oleellisesti, jos paneelistot ovat isoja ja riittävästi kallellaan. Loivilla katoilla ei yleensä kannata käyttää tuotannollisesti optimaalisia asennuskulmia kasvavan tuulikuorman vuoksi ja paneelit asennetaan lähes poikkeuksetta vaakasuuntaisesti. Erityisesti tuulisten paikkojen loivien kattojen asennuksissa voidaan käyttää myös tuulisuoja paneelin kohotetun reunan alla estämään tuulen nosteen pääsyä paneelien alle. (ks. kuva 16)

Katon lappeella reuna-alueille voi kohdistua moninkertainen tuulikuorma keskialueeseen verrattuna. Tästä syystä paneelisto sijoitetaan selkeästi irti lappeen reunoista tai sen reuna-alueiden kiinnitykseen kiinnitetään erityistä huomiota esim. käyttämällä tiheämpää kiinnikeväliä tai kelluvassa asennuksessa suurempaa painomäärää.

Käytännössä tuulen kuormitus riippuu rakennuksen sijainnista, korkeudesta ja sivumitoista kuten myös kuormituksen vaikutusalueet. Eli yleissääntöjä on vaikea laatia ja tuulikuormitus pitää käytännössä huomioida ja laskea kohdekohtaisesti aiemmin mainitun standardin mukaan.

## Lumikuormat

Mitoitettavat lumikuormat Suomessa vaihtelevat alueittain välillä 1,4...2,6 kN/m<sup>2</sup>. Kuorma on annettu vaakasuoralle pinnalle, joten paneelin todellinen lumikuorma riippuu myös asennuskaltevuudesta ja rakenteiden yhteisvaikutuksesta aiheutuvasta lumen kinostumisesta.

Aurinkopaneelien tyypillinen kuormituksenkesto on 5,4 kN/ m<sup>2</sup>.

Kiinnityksissä noudatetaan valmistajan ohjeita. Paneelistöä ja kiinnitysjärjestelmää tarkastellaan kokonaisuutena, niin ettei yksittäisen komponentin kuormitettavuus ylitä tai ettei kuormituksen alaisena tapahdu kiinnityksen irtoamista, joka saa kokonaisuuden pettämään, vaikka yksittäisten komponenttien kuormitus ei ylittyisikään.

Paneelivalmistaja suorittaa tyyppihyväksynnän edellyttämät kuormitustestaukset vain tarkkaan rajatuilla kiinnitystavoilla (SFS-EN IEC 62938:2020:). Jos näistä kiinnitystavoista poiketaan, saattaa paneelien kuormituskestävyys oleellisesti vaarantua. Vaurioilanteissa valmistajan ohjeiden vastainen kiinnitystapa myös mitätöi takuun. Käytännössä runsaslumisilla alueilla, kuten Suomessa, paneelien kiinnitys pelkästään päädyistä ei ole riittävä.

## 5.4 Paneelien suuntaus

Suomessa suoraan etelään osoittava noin 40-45° kaltevuuteen asennettu paneelistö antaa keskimäärin parhaan tuotantomäärän vuositason, mutta yli 90 % energiasta saadaan myös ilmansuunnilla välillä kaakosta lounaaseen ja kaltevuuskulmilla 25°...55° (ks. taulukko 2). Pystysuorassa julkisivuasennuksessa tuotto voi olla parhaimmillaan noin 75 % optimista ja



*Kuva 16. Paneelistöasennusta loivalla noin 25 m korkean teollisuushallin kattoja meren rannassa. Paneelit ovat asennettu loivaan kulmaan vaakasuuntaisesti kohti etelää. Poikkeuksellinen tuulikuorma on huomioitu paitsi loivalla asennuksella ja tuulensuojapellein, niin erityisesti peltien päälle olosuhteiden mukaan mitoitettuun betonipainoin. Kentän reunarivillä (kuvassa etualalla) on 2,5 kertainen painomäärä verrattuna seuraavaan riviin ja yli 15 kertainen painomäärä verrattuna kentän keskialueisiin. Kuva Ulvilan sähköasennus.*

lisäksi paneelit voivat olla alttiimpia varjostuksille sijaitessaan yleensä myös alempana. Taulukko 3 havainnollistaa potentiaalisen vuosituotannon eroja Etelä-, Keski- ja Pohjois-Suomen välillä.

*Taulukko 2. Paneeliston parhaat (lihavoituna) ja muut siihen prosentteina suhteutetut varjottoman vuosituotannon kulmat ja suunnat Helsingissä EU:n PVGIS online toolin (SARAH2 tietokanta) mukaan.*

Ilman-suunta	Kallistuskulma												
	10°	15°	18°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	90°
<b>itä</b>	78	77	77	77	76	75	74	72	71	69	67	65	47
<b>kaakko</b>	85	87	88	89	90	91	92	92	91	91	89	87	67
<b>etelä</b>	88	91	93	94	96	98	99	<b>100</b>	<b>100</b>	99	98	97	74
<b>lounas</b>	85	88	89	90	92	93	93	94	93	93	91	89	69
<b>länsi</b>	79	79	79	79	78	77	77	76	74	73	71	69	51

*Taulukko 3. Etelään suunnatun 1 kW nimellistehoisen aurinkosähköjärjestelmän vuosituotanto eri puolilla Suomea eri kallistuskulmilla. Lähde: EU:n PVGIS online tool (ERA5 tietokanta).*

	15°	35°	60°	90°	Optimi -kulma	Tuotanto optimi- kulmassa
Helsinki	941 kWh	1039 kWh	1020 kWh	790 kWh	45°	1050 kWh
Jyväskylä	783 kWh	861 kWh	845 kWh	659 kWh	45°	869 kWh
Rovaniemi	712 kWh	793 kWh	789 kWh	631 kWh	48°	806 kWh

Pystyasennuksen etuja ovat esim. lumen kerääntymättömyys, parempi tuotto auringon paistaessa matalta ja heijastuneen auringonvalon (esim. lumesta) hyödyntäminen. Paneelein katettu seinä voi olla myös näyttävä arkkitehtoninen ja samalla funktionaalinen elementti. Etenkin räystään mahdollinen varjostus tulee huomioida auringon paistaessa korkealta.

Paneeliston suuntauksella ja kaltevuuskulmalla voi olla vaikutusta omakäyttöosuuteen kohteen sähkönkulutuksen profiilista riippuen. Periaatteena on, että etelästä itään päin olevilla suuntauksilla tuotanto painottuu aamupäivään ja etelästä länteen suuntautuvilla iltapäivään. Vastaavasti kaltevuuskulman kasvattaminen tehostaa kevään/syksyn tuotantoa ja heikentää kesän tuotantoa. Loivaan kulmaan asennetut paneelistot tuottavat parhaiten kesällä auringon paistaessa korkealta.

Yksi huomioitava asia paneelien asennuksessa ja suuntaamisessa on myös paneeliston aiheuttamat heijastukset. Asennus tulisi suunnitella niin, että paneelit eivät aiheuta häiritseviä heijastuksia mahdollisiin naapurirakennuksiin.

**Itä-länsi-järjestelmässä** noin puolet paneeleista on suunnattu itään ja noin puolet länteen. Järjestelmästä saadaan kokonaisuudessaan jonkin verran vähemmän energiaa kuin kaikki paneelit etelään suuntaamalla, mutta tuotanto jakautuu tasaisemmin päivän ajalle. Itä-länsi-asennus voidaan tehdä myös loivalla katolle sopivin telinein, jolloin saadaan samalla asennettua paljon paneelitehoa kattoalaa kohti ilman, että paneeliriveistä syntyy toisiaan häiritseviä varjoja. (ks. kuva 17).

**Loivan katon asennuksen** tilantarve riippuu paljon eri muuttujista kuten, valitusta asennustavasta (esim. itä-länsi vs. saman suuntaiset rivit), asennuskulmasta, -ilmansuunnasta, muista kattorakenteista ja



Kuva 17. Kelluva Itä-länsi asennus. Paneelirivit voivat olla lähekkäinkin varjostamatta toisiaan. Solarvoima

kattokaltevuudesta, mutta on kuitenkin aina suurempi kuin lappeen tasoon asennettuna. Samansuuntaisilla riveillä toteutetussa loivan katon asennuksessa kallistettujen paneelirivien väliin jätetään paneelien asennosta ja kulmasta riippuen tilaa, jotta rivit eivät varjostaisi toisiaan. Tyypillisesti paneelit asennetaan vaakaan ja noin 15 asteen kallistuksen vakiotelineille, jolloin riviväli voi olla varsin kapeakin. Paneelien sijoittelussa otetaan huomioon mahdollinen lumen poisto ja laitteiden muu huolto. Itä-länsi -asennustavan mekaniikka on hieman edullisempi kuin perinteinen.

## 5.5 Varjostukset

Kaikki aurinkopaneelityypit ovat herkkiä varjostuksen aiheuttamalle tehohäviölle ja paneeleita sijoitettaessa tulee varjostavat elementit aina huomioida. Herkimpiä varjostukselle ovat kiteisestä piistä valmistetut paneelit. Paneelien sisäisestä kytkennästä johtuen ne ovat erityisen herkkiä lyhyen sivun suuntaisille varjoille. Jos esimerkiksi lyhyen sivun yksi kennorivi on varjossa, romahtaa paneelin tehon tuotto perinteisen tekniikan paneeleilla nollaan ja uudemmilla half-cut tekniikan paneeleillakin puoleen.

Aurinkopaneelien ohitusdiodeilla pyritään vähentämään varjostuksen aiheuttamaa tehohävikkiä. Ohitusdiodilla varjossa oleva paneelilohko ohitetaan, jolloin sen aiheuttama tehohävikki minimoituu. Paneelikohtaisia MPPT:tä käyttämällä (mikroinvertterit ja DC-optimoijat) varjostuksen haittoja voidaan myös minimoida. Normaalin ketjuinvertterin tapauksessa yhden paneelin varjostus vaikuttaa koko paneeliketjun toimintaan. Invertterin säätötekniikan laatu vaikuttaa vaikutuksen suuruuteen.

Tehontuoton kannalta varjostavat elementit voidaan jakaa koviin ja pehmeisiin niiden tuottaman varjostuksen mukaan. Kovat varjot ovat yhtenäisen lähellä olevan läpinäkymättömän elementin aikaan saamia tummia varjoja. Pehmeät varjot taas ovat etäämmällä olevien ja mahdollisesti osin valoa läpäisevien elementtien (kuten puut) aiheuttamia vaaleampia varjoja. Kovat varjot ovat tehonlaskun kannalta kriittisempiä.

Kattoasennuksissa varjostavia elementtejä ovat savupiiput, viemärin tuuletukset, kattovarusteet, kattojiirit ja kattolyhdyt, ilmanvaihtokanavat, huippuimurit, jäähdytyskoneet ja muu asennuksen tasosta koholla oleva talotekniikka, jotka katselmoidaan järjestelmän suunnittelun aluksi. Varjostava elementti voi olla myös liian lähelle asennettu toinen paneelirivi. Rakennuksen ulkopuolisia varjostuksen aiheuttajia ovat esim. puut, lipputangot ja naapurirakennukset.

Uudiskohteissa tuleva järjestelmä voidaan huomioida ennalta ja sijoittaa varjostusta aiheuttavat ja asennusta vaikeuttavat rakenteet aurinkosähköjärjestelmän kannalta suotuisasti, esimerkiksi pohjoisen puolen lappeelle.

Suunnitteluohjelmistoilla voidaan paneelijärjestelmästä rakentaa 3D-malli, jolla eri vaihtoehtojen varjostuksen aiheuttamaa tehon menetystä voidaan simuloida.

### Takuuasiat

Aurinkovoimalatoimitukseen liittyy erilaisia takuita.

**Asennustakuu** tarkoittaa voimalaurakoitsijan myöntämää takuuta asennustyölleen. Voimalan eri komponenteilla on vaihtelevat **tuotetakuut** ja inverttereissä usein erilaiset takuun laajennukset ja takuuajan pidennykset ovat tyypillisiä. Olennaista on huomioida myös mahdollisesti syntyvät välilliset kustannukset ja tuotetakuun kattavuus. Esim. jos paneelientän yksi paneeli pitää vaihtaa hankalasta paikasta, niin työ- ja laitekustannukset voivat olla merkittäviä.

**Tuotantotakuu** tai suorituskykytakuu on aurinkopaneelivalmistajan myöntämä takuu paneelin vanhenemisesta johtuvalle vähittäiselle tehon laskulle pidemmän ajan kuluessa eli ns. degrading -ilmiölle. Tuotantotakuu voi olla esimerkiksi, että 25 vuoden päästä saadaan vielä 80 % alkuperäisestä nimellistehosta. Tuotantotakuu ei kata fyysisiä vaurioita paneelille

Paneelivalmistajilla voi olla rajoitteita takuulle esim. katon minimikaltevuuden suhteen. Esim. seisova vesi tai kerääntyvä lika voivat aiheuttaa eroosio-ongelmia riittävän loivissa asennuksissa. Lisäksi asennus voi vaikuttaa katon huollettavuuteen ja takuuseen. Esim. sallituissa kiinnitystavoissa voi olla rajoituksia takuun ehtoissa.

## 5.6 Rakennustyyppien tarkastelua

**Pientalojen** sähkön kulutukselle on tyypillistä voimakas ajallinen vaihtelu. Kun samanaikaisesti myös aurinkoenergian saatavuus vaihtelee päivittäisestä säätilasta ja kellonajasta riippuen, on 100 % omakäyttöosuutta käytännössä mahdoton saavuttaa ilman järjestelmän alimitoitusta. Oikein mitoitettu järjestelmällä käyttäen kesäaikaan sähköä kuluttavia laitteita, esimerkiksi jäähdytyslaitteita, voidaan omakäyttöosuudessa päästä 50...80 % tasolle. Tätä korkeampi omakäyttöosuus edellyttää yleensä aurinkoenergian saatavuuden mukaan automaattisesti päälle kytkeytyviä kuormia tai järjestelmään kytkettyä akustoa. Ylimitoitetussa aurinkosähköjärjestelmässä omakäyttöosuus voi jäädä alle 30 % tuotetusta sähköstä.

**Asuinkerros- ja rivitaloissa** aurinkosähkön hyödynnettävyys riippuu kulutusprofiiliin lisäksi kulutuksen mittaroinnin toteutustavasta. Tyypillisesti asunnot on varustettu huoneistokohtaisella sähkömittarilla ja jokaisella huoneistolla on oma sähkösopimus, jolloin huoneistosähkö katsotaan verkon kautta syötetyksi, ja siitä maksetaan normaali siirtomaksu ja sähkövero. Tällöin ilman erityisjärjestelyjä aurinkosähköä voidaan kannattavasti hyödyntää vain taloyhtiön yhteiskäyttötilojen valaistus- ja laitesähköihin. Kesäaikaan sähköä kuluttavat yhteiset laitteet, kuten lämpöpumput, parantavat aurinkosähkön kannattavuutta.

Hyvänä mahdollisuutena parempaan aurinkoenergianhyödyntämiseen taloyhtiöissä toimii *energiayhteisömalli*. Maalikuussa 2023 voimaan astunut asunto-osakeyhtiölain muutos myös osaltaan sujuvoittaa taloyhtiöiden päätöksentekoa esim. aurinkoenergiainhankinnan suhteen enemmistöpäätöksen riittäessä hankinnasta päättämiseen.

**Liike- ja toimistokiinteistöjen** sähkönkulutusprofiilit poikkeavat asuinkiinteistöjen profiileista. Esimerkiksi toimistojen viilennys tai päivittäistavaroiden vähittäiskaupan kiinteistöissä kylmäkoneet muodostavat suuren osan kokonaiskuormasta. Kun jäähdytyksen kulutushuippu osuu yksiin aurinkosähkön tuottohuipun kanssa, voidaan aurinkosähköjärjestelmä mitoittaa suoraan kesän huippukulutusten mukaan ja silti päästä hyvin korkeaan omakäyttöosuuteen. Tarkkaan järjestelmän optimointiin päästään tässäkin tapauksessa tuntitason kulutustietoon perustuvalla simuloinnilla, sillä eri toimialoilla kulutusprofiilit voivat poiketa huomattavasti toisistaan.

**Koulukiinteistöissä** aurinkoenergian hyödynnettävyyteen vaikuttaa kesäajan käyttöaste. Jos kiinteistön käyttö kesäkuukausina on vähäistä aurinkoenergian tuoton ollessa korkeimmillaan, järjestelmä mitoitetaan niin, että pääosa energiasta saadaan kulutettua ilmanvaihdon ja muun talotekniikan pohjakuormalla.

**Terveydenhuollon palvelukiinteistöissä** kiinteistön käyttöaste on yleensä korkea ympäri vuoden. Jos kiinteistöissä on käytössä jäähdytys, paranee hyödynnettävyys edelleen. Erityisen tärkeätä kesäinen jäähdytys on hoitolaitoksissa, joissa on vanhuksia tai muita riskiryhmiä.





### Energiayhteisömalli

Talo- ja kiinteistöyhtiöt voivat perustaa energiayhteisön, joka mahdollistaa esim. taloyhtiön oman aurinkosähkötuotannon hyödyn jakamisen kaikkien yhteisön jäsenten kesken. Energiayhteisö voi määrittää haluamallaan tavalla yhteisön hyvityslaskennan perusteet eli esimerkiksi taloyhtiöissä voidaan tuotantolaitoksen hyödyt jakaa huoneistojen osakemäärän mukaan. Tällöin esimerkiksi taloyhtiön kiinteistöosaan eli kaikkia yleisiä sähköistyksiä palvelemaan sähkökeskukseen kytketyn aurinkovoimalan tuotanto hyödynnetään ensin itse kiinteistösähkölle ja mahdollinen ylijäämä jaetaan määritellyllä tavalla energiayhteisön jäsenten kesken. Energiayhteisön jäsen käyttää tuon mahdollisen ylijäämän omaan kulutukseen ja mahdollinen myynti hyvitetään yleensä kiinteistöosan myyntisopimuksen mukaisesti jäsenelle. Energiayhteisö on ollut mahdollista perustaa vuoden 2021 alusta lähtien.

Tyypillisesti ratkaisu toteutetaan niin, että yhtiökokouksen päätöksen jälkeen isännöitsijä tai muu taloyhtiön edustaja ilmoittaa jakeluverkkoyhtiölle energiayhteisöstä ja hyvityslaskentapalvelun käyttöönotosta. Ilmoituksen yhteydessä ilmoitetaan energiayhteisöön hyvityslaskennan piiriin kuuluvat sähkökäyttöpaikat ja näiden prosentuaaliset osuudet (yleensä osakemäärän mukaan) kiinteistösähkönkulutuksen ylittävstä tuotannosta. Kullakin energiayhteisön jäsenellä tulee lisäksi olla pientuotannon ostosopimus oman sähkönmyyjänsä kanssa.

Energiayhteisömalli parantaa aurinkosähkön kannattavuutta taloyhtiössä selvästi ja tekee voimalahankinnasta asukkaiden näkökulmasta kiinnostavamman, kun huoneistojen sähkölaskut pienenevät. Energiayhteisömalli on verkkoyhtiön tarjoama, maksuton palvelu eikä se edellytä teknisiä muutoksia yhtiössä.



		Paneeliston tyypillinen lämpötilan nousu	Tuotannon lasku vuositasolla, noin
	Maa-asennus, paneliston ympärillä ilma kiertää vapaasti	+20 °C	0.0%
	Kattoasennus, paneliston ja katon välissä tilaa	+30 °C	-1.8%
	Julkisivuasennus, paneliston takana heikko ilman kierto	+35 °C	-2.7%
	Panelisto kiinni katossa, ei ilman kiertoa	+45 °C	-4.5%

Kuva 19. Aurinkosähköpaneelin lämpötila vaikuttaa sen sähköntuottoon; paneelin lämpeneminen pienentää ja viileneminen kasvattaa sen sähkötehoa noin 0,3-0,5% astetta kohti. Tumma paneeli lämpenee auringossa selvästi ympäristöään enemmän. Asennustapa vaikuttaa lisäksi lämpötilan nousuun (suhteessa ympäristön lämpötilaan) paneeliston taustan huonomman tai paremman tuulettumisen kautta.



Kuva 18. Liike- ja toimistokiinteistöissä aurinkosähkön tuotanto ja kulutus osuvat paremmin samoille päivätunneille. Kuva Solarvoima.

## 6 JÄRJESTELMÄN ASENNUS

Aurinkosähköjärjestelmän asennuksessa hankitun järjestelmän komponentit asennetaan paikoilleen suunnitelman (ks. kappale 5) mukaisesti pitäen sisällään seuraavia asioita ja vaiheita.

- Työturvallisuuteen liittyvät esivalmistelut tarpeen mukaan kuten
  - rakennustelineen rakentaminen "asennustukikohdaksi" (matalat rakennukset)
  - Turvalajaiden kiinnityspisteiden tai suojavaiteiden rakentaminen
  - Paneelien ja muun asennusmateriaalin haalauspaikkojen varmistaminen ja rakentaminen
  - Nostopaikkojen ja -välineiden varmistaminen ja rakentaminen
- paneeliston telien rakentaminen ja kiinnittäminen rakennukseen tai maahan
- aurinkosähköpaneelien asennus rakennettuihin telineisiin katolle, julkisivuun tai maanelineisiin (momenttiavaimen käyttö)
- BIPV järjestelmän tapauksessa kaksi edellistä kohtaa korvataan kate- tai julkisivumateriaalin vaihdolla (kokonaan tai osittain) tai paneelikalvon liimaamisella kate- tai julkisivumateriaaliin
- tarvittaessa palavilla asennusalustoilla invertterin, DC-erotuskytkimien tai muiden tasasähköosan laitteiden taustalle ja alapuolelle asennetaan palamatonta suojarakenne (ks. kuva 9)
- suositeltava invertterin sääsuojan asentaminen (esim. sadelippa) laitteen ulos soveltavuudesta kertovasta IP-luokituksesta huolimatta, huomioiden riittävät asennusohjeen mukainen etäisyydet (invertterin jäähdytystila)
- AC-erotuskytkimen asentaminen
- suunniteltujen läpivientien tekeminen johdinreiteille asianmukaisin läpivientikappalein tai vastaavin tiivistyksin (vesitiiviys, palo-osastoinnin eheys)
- läpivientien mahdollisen rikkoman palo-osastoinnin korjaaminen ko. paloluokituksen mukaiseksi esim. EI30
- tasavirtapiirien huolellinen toteuttaminen (kaapeleiden kiinnitys ja suojaaminen teräviltä osilta, suojavaiteiden käyttäminen, yhteensopivat liittimet, momenttiavaimen käyttö)
- kaapelien ja johtojen vieminen ja johdinreittien asentaminen (paneelit >> invertteri >> AC erotuskytkin >> sähkökeskus), sekä paneeliston rungon asianmukainen maadoittaminen
- syöttökaapelin asentaminen ja kytkentä sähkökeskukselle
- aurinkosähkön syöttämän kiinteistön jakelun ja sähkökeskusten suojausten varmistaminen kahden teholähteen kannalta.
- mahdollisten pelastusviranomaisen työturvallisuuden takaavien lisäerotuslaitteiden ja näiden ohjauslaitteiden asentaminen kaapelointineen
- tarvittavien sähköturvallisuusmerkintöjen toteuttaminen

Aurinkosähköjärjestelmän sähköasennukset ovat sallittuja vain sähköalan ammattilaisille.

Vesikatolle asennuksessa huomioidaan lisäksi:

- alle jäävän katon pesu ennen asennusta tarpeen mukaan
- asennuksen aikaisten roskien ja metallipurun ym. huolellinen siivous
- ei käytetä kipinöiviä työkaluja, katteen pintavaurioiden välttämiseksi
- estetään metallilastujen/purujen pääsy kattopinnalle
- asennuksessa syntyvien mahdollisten naarmujen paikkamaalaus/korjaus
- telien ja paneelien luotettava, suunnitelman ja valmistajan ohjeiden mukainen kiinnitys

### Sähkö- ja paloturvallisuus

Aurinkosähköjärjestelmät ovat lähtökohtaisesti turvallisia oikein asennettuna. Kuitenkin, kuten muutkin sähkölaitteet voivat ne virheellisesti toteutettuna tai esim. vaurioitumisen seurauksena muodostaa tulipaloriskin. Aurinkosähköjärjestelmien osalta huomioitavia sähkö- ja paloturvallisuusasioita ovat mm.

- vaatimus verkkoinvertterin eli vaihtosuuntaajan ja DC-erotuskytkimien asennusalustan palamattomuudesta ja lämmön johtamattomuudesta (esim. sementtikuitulevy seinän ja laitteen väliin) (SFS 6000-7-712: 2022)
- paneeliketjut olisivat mielellään erotettavissa jännitteeltään turvallisen kokoiisiin osiin esim. erillisillä sarjaankytkennän erotuskytkimillä (*Aurinkosähköjärjestelmien paloturvallisuus -ohje*)
- mahdolliset akustotilat olisi asianmukaisesti sijoitettu ja rakennettu ja niissä olisi huomioitu pelastustoiminta (*Aurinkosähköjärjestelmien paloturvallisuus -ohje*)
- paneelistot voivat aiheuttaa esteitä sammuttajille, sammutusraivaukselle ja sammutusvedelle sekä muodostaa palo-onteloita, jotka voivat kiihdyttää ja levittää paloa (*Aurinkosähköjärjestelmien paloturvallisuus -ohje*)
- maailmalla tilastojen valossa ylivoimaisesti suurin osa aurinkosähköjärjestelmään liittyvistä tulipaloista on johtunut suunnittelu- tai asennusvirheestä (*Aurinkosähköjärjestelmien paloturvallisuus -ohje*)
- palotekniset vaatimukset, kuten palo-osastoinnit ja niiden materiaalit, kasvavat rakennuksen koon ja käyttötavan vaativuuden mukana (*Aurinkosähköjärjestelmien paloturvallisuus -ohje*)
- suuremmista (yli 50 kVA) järjestelmistä tulisi laatia kohdekortti pelastuslaitoksen sekä kiinteistöhuollon ja käyttäjien tueksi. Kortista tulisi selvittää järjestelmän perustiedot ja ohjeet järjestelmän virrattomaksi tekemiseksi sekä turvakytkinten sijaintipaikat. (*Aurinkosähköjärjestelmien paloturvallisuus -ohje*).



- ettei aurinkopaneelien alle tulevan telineprofiilin pituus ylitä telinevalmistajan sallimaa maksimipituutta (koskee myös maa- ja seinäasennuksia)
- ettei asennus estä veden poistumista katolta tai aiheuta vettä kerääviä painaumuksia kattomateriaaliin

Asennuksessa saa käyttää vain kyseessä olevaan tarkoitukseen suunniteltuja ja valmistajan tai maahantuojan paneelityypille hyväksymiä kiinnikkeitä ja kannatusosia ja niitä on käytettävä valmistajien ohjeiden mukaan.

## 6.1 Asennus katolle

Katevalmistajan ohjeet katteen muokkaukselle, läpivienneille tai suoraan aurinkosähköjärjestelmiä koskevat ohjeet tulee selvittää ennen asennuksia. Etenkin takuunalaisten kattojen osalta on syytä varmistaa katto- ja vesikatemateriaalin toimittajan takuehdot ja heidän ohjeensa katoille tehtäviin asennuksiin ja muutoksiin. Vesikatemateriaalin ja myös katteelle tehdyn työn takuut raukeavat, jos katoille on tehty asennuksia, jotka ovat vahingoittaneet vedeneristystä tai kattorakenteen toimivuutta, tai mikäli tarvittavia huoltotoimenpiteitä ei ole pystytty tekemään tiellä olevan aurinkosähköasennusten takia.

Aurinkoenergiajärjestelmän tyypillisin asennustapa on asentaa paneelit katolle asennettavan kiinnitysjärjestelmän päälle. Kiinnitysjärjestelmä vastaavasti kiinnitetään katon kantaviin rakenteisiin katemateriaalikohtaisilla, soveltuvien ruuvein kiinnitettävillä kattokiinnikkeillä. Kattokiinnikkeitä kiinnitettäessä varotaan vaurioittamasta aluskatetta. Kiinnikkeiden kiinnitysruuvien pituus valitaan sellaiseksi, etteivät ne puhkaise aluskatetta huomioiden myös tuulen aiheuttama aluskatteen eläminen.

Kaapeloinninärkevin reitti katolta invertterille riippuu katemateriaalista, paneeliston sijainnista suhteessa asennuslappien reunoihin ja mahdollisista hyödynnettävistä aiemmista läpivienneistä tai hormeista sekä invertterin ja järjestelmän verkkoonkytkentäpisteen sijainnista. Loivien kattojen osalta invertteri voidaan sijoittaa myös katolle ja näin usein tehdäänkin.

Järjestelmä suunnitellaan niin, että tasasähköpiirit muodostuvat mahdollisimman lyhyiksi. Kaapeleista ei saa muodostua induktiosilmukoita, mikä salaman iskiessä lähelle aiheuttaisi jännitepiikin järjestelmässä. Tämä vältetään kuljettamalla plus-, miinus-, potentiaalintasaus- ja muut johtimet samaa reittiä. Tasasähkökaapelit tulee kiinnittää ja suojata niin, ettei eristeille aiheudu vaurioitumisvaaraa.

Kaapelit viedään invertterille ensisijaisesti ulkokautta välttämällä erityisesti DC-kaapelien viemistä sisätilaan. Myös invertterille ulkoseinusta voi olla hyvä sijoituspaikka, kunhan laite soveltuu ulos asennettavaksi. Vesikatteen läpivienti voidaan välttää viemällä kaapelit suojaputkessa tai -kourussa vesikatteen pinnassa reunan ja räystään yli ja edelleen ulkoseinää pitkin alas. Myös läheinen seinä- tai pystypinta voi olla hyvä vaihtoehto läpiviennille. Tällöinkin vältetään kaapeleiden läpivienti vesikatteen läpi. Julkisivuvedoissa tulee huolehtia johtojen riittävästä suojaamisesta. Kaikkiaan DC-johtojen vedot tulisi pitää mahdollisimman lyhyinä tehohäviöiden välttämiseksi. Loivilla katoilla kaapelit olisi hyvä merkitä lipuin tms. jotka näkyvät lumen alta esim. huoltohenkilöstölle huomioiden kuitenkin, ettei luoda kovia lähivarjoja paneelistolle.

Lisätietoja aurinkosähköjärjestelmien paloturvallisuudesta löytyy esim. alkuvuodesta 2023 Pelastuslaitosten kumppanuusverkoston julkaisemasta **Aurinkosähköjärjestelmien paloturvallisuus -ohjeesta** sekä **SFS 6000 standardista**.

Paneeliston asianmukainen potentiaalintasaus on tärkeää turvallisuuden kannalta ja sen komponenttien tulee olla oikein mitoitettuja, luotettavasti liitetyitä ja galvaanisesti yhteensopivia, jotta ne liitokset pysyvät luotettavina vaikeissa olosuhteissa. Lisähuomiota on kiinnitettävä, jos kiinteistössä on salamasuojausjärjestelmä, jolloin vaaditaan suurempia potentiaalintasauksen mitoituksia ja varoetäisyyksiä paneeliston sijoittelussa. Pääkeskukseen tulee laittaa varoitustarrat tai opasteet takasyötön vaarasta, mikäli aurinkovoimala kytketään nousu- tai ryhmäkeskukseen.

### Salamasuojaus

Aurinkosähköjärjestelmä ei normaalisti lisää rakennuksen riskiä joutua salamaniskun kohteeksi, eikä se näin ollen edellytä rakennuksen salamasuojausta. Jos rakennuksen katolla on olemassa oleva salamasuojaus, kytketään aurinkosähköjärjestelmän maadoitus siihen vain siinä tapauksessa, kun ei muilla keinoin saada järjestettyä riittävää suojaetäisyyttä aurinkosähköjärjestelmän ja salamasuojausjärjestelmän välille (standardi IEC 62305-3).

Seikkaperäisempi ohjeistusta aiheesta löytyy ST-Käsikirja 40:stä Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelu ja toteutus.

Lisäksi läpivientien osalta tulee muistaa, ettei mahdollista palo-osastointia rikota. Mikäli sähköjohto tms. viedään palo-osaston lävitse, tehdään läpivientiin palokatko, joka vastaa palo-osaston EI-paloluokkaa. Sijoittaessa verkkoinverterti sisätiloihin tulee mahdollisuuksien mukaan hyödyntää olemassa olevia teknisiä tiloja tai autotalleja, jotka ovat valmiiksi paremmin palo-osastoituja.

Kiinnitysjärjestelmän materiaalien tulee kestää säärasitusta ja mekaanista kuormitusta järjestelmän koko käyttöajan ajan:

- alumiini- ja teräsrakenteet ovat lähtökohtaisesti kestäviä, komponenttien galvaaninen yhteensopivuus tulee tarkistaa korroosion välttämiseksi (Katso RT 80-11115 Täydentävät ohut- ja muotolevyrakenteet)
- pinnoittamattomalle sinkitylle katolle ei voida korroosiosyistä aurinkopaneelista asentaa esim. kehyksissä/kiinnikkeissä käytetyn alumiinin ja aiheutuvan pistekorroosion vuoksi
- kannakkeiden korroosiosuojan tulee vastata vähintään sinkitystä levystä valmistettua tuotetta, jossa sinkin määrä on  $275 \text{ g/m}^2$  ja tuote on lisäksi maalattu
- muovista valmistettuja kiinnitysjärjestelmiä tai niiden osia valittaessa varmistetaan materiaalien pitkän aikavälin UV-valon ja pakkasen kestävyys

### Metalliset ohutlevykatteet

**Konesauma- ja lukkosaumakatteilla** voidaan asennukset toteuttaa melko yksinkertaisesti. Kiinnitysjärjestelmä voidaan yleensä asentaa ilman läpivientejä katteen pystysaumaan puristuvilla kiinnikkeillä, jolloin asentaminen on selkeää ja vesivuotojen riski on pieni (ks. kuva 21). Käytännössä kiinnikkeitä tulee olla jokaisessa tai joka toisessa pystysaumassa laskelmista ja telinevalmistajan ohjeista riippuen. Vanhoissa konesaumakatoissa tulee varmistua saumarivien kiinnityksen riittävydestä, sillä paneelit lisäävät katteeseen kohdistuvaa tuulikuormaa. Tarvittaessa voidaan paneelikenttien päätyihin, missä tuulikuorma on suurin, asentaa kantavaan rakenteeseen kiinnittyviä katteen läpi meneviä apukiinnikkeitä. Tällöin tulee noudattaa erityistä huolellisuutta kiinnikkeiden kohdistamisessa kantaviin rakenteisiin ja syntyvän läpiviennin vesitiiviyyden varmistamisessa käyttämällä soveltuvia kumitiivisteitä (esim. 5 mm EPDM-kumitiiviste).

**Profiili- ja muotokatteille** valmistetaan katekohtaisia kiinnikkeitä. Yleensä näissä kuorma viedään suoraan kantavaan alusrakenteeseen ja lävistävän kannakkeen kohdan vesitiiviyys valmistetaan katteen ja kannakkeen väliin tulevalla kumitiivisteellä (esim. 5 mm EPDM-kumitiiviste). Kiinniketyypillä kohdistaminen tulee tehdä erityisen huolellisesti, sillä jos kiinnike ei osu kantavaan rakenteeseen, on vaarana että kattoon syntyy kiinnikkeen kohdalle vesivuoto.

Kantaville profiiliteräskatteille on olemassa myös katteen pinnalle asennettavia kiinnikkeitä, joissa ei ole alusrakenteeseen ulottuvaa osaa. Näitä käytettäessä on varmistettava, että ne on suunniteltu juuri kyseiselle kateprofiilille.

### Tiilikatteet

Tiilikatteille käytetään sekä erityisiä kattokannakkeita, jotka siirtävät aurinkopaneelien kuorman katon kantaviin rakenteisiin tiilen alle (ks. kuva 22), että sellaisia, jotka jakavat kuormaa myös tiilen päälle. Jälkimmäiset ovat vastaavia, mitä käytetään myös kattoturvatuotteiden asennuksessa.



Kuva 20. Kattoasennus käynnissä. Kuva Solarvoima.



Kuva 21. Konesauma- ja lukkoponttipeltikatteelle sopiva kiinnike. Kuva Naps Solar Systems.



Kuva 22. Tiilikatekiinnitys S-mallisella kattokannattimella. Kannattimen paikka säädetään niin, ettei se lepää alemman kattotiilen päällä edes kuormituksen alaisena. Kuten kuvassa, yleensä kiinnikkeen päälle tulevaa tiiltä joudutaan hiomaan alareunastaan ns. vesilukon kohdalta sen varmistamiseksi, ettei tiili lepää kiinnikkeen päällä. Kuva Teemu Heikkinen.

Näissä kattotiilen päälle tukeutuviissa kiinnikkeissä on kuitenkin suurempi riski tiilen halkeamiselle vaihtelevassa tuuli- ja lumikuormituksessa.

Kiinnitysjärjestelmää suunniteltaessa määritetään kannatinkiskojen linjat, tarvittava kattokannakkeiden määrä ja jako. Asennuksessa tiilet tai tiilirivi, joiden alle kannakkeet kiinnitetään, poistetaan väliaikaisesti. Kannakkeet kiinnitetään tukevasti kattokannattajiin tai -ruoteisiin telinevalmistajan ohjeen mukaan. Ruuvien tulee olla galvaanisesti yhteensopivia kannattimen materiaalin kanssa, jolloin esim. ruostumattomiin pinnoittamattomiin teräskannakkeisiin asennettavien ruuvien tulee olla ruostumatonta terästä. Myös esim. sinkitystä levystä tehtyjä ja maalattuja kannakkeita käytetään.

Tiilikateasennuksessa varsinaiseen vesikatteeseen ei tehdä reikiä tai läpivientejä, vaan kiinnitykset viedään alapuolisiin rakenteisiin tiilien välistä. Kattokannattimiin kiinnitettävissä, tiilistä irti olevissa järjestelmissä kannakkeen ja kattokannattajan välissä käytetään sopivaa korokepala (esim. vanerisoiro), jolla kannatinjalan tiilien väliin jäävä varsi saadaan hieman irti alle jäävästä tiilestä (ks. kuva 22).

Ennen irrotettujen kattotiilien asennusta takaisin, niihin hiotaan ura kannatinjalkaa varten. Ura tehdään kaikilta sivuiltaan hieman suuremmaksi kuin kannatinjalan poikkileikkaus, jotta kuormituksessa taipuva kannatin ei riko tiiltä eikä tiili myöskään makaa kannatinjalan päällä. Käytettäessä tiilen päällä lepääviä kannatinmalleja, kannattaa erityisesti paneelikentän reuna-alueilla (kuten alaräystäs ja päädyt) käyttää ns. tuulilukkoja eli lisäkiinnikkeitä, joilla estetään tuulen nostevaikutusta liikuttamasta paneelistoa.

### Bitumi- ja PVC-katteet

Kalteville bitumikatteille on omat kiinnikkeensä, jotka vievät kuorman kantavaan rakenteeseen. Kiinnikkeessä on kumitiivisteellä varustettu laippa, joka varmistaa läpiviennin vesitiiviiden. Se ei välitä kuormaa.

Kannakkeiden paikkoja suunniteltaessa määritetään huolellisesti kantavien rakenteiden sijainti ylimääräisten reikien välttämiseksi. Tiivistyslaipan vesitiiviyys varmistetaan UV-valon kestäväällä ja kateen materiaalin kanssa yhteensopivalla elastisella tiivistysmassalla.

**Loivat bitumi- ja PVC-katteet** ovat tyypillisiä teollisuuden ja kaupan kiinteistöissä. Aluksi on syytä selvittää, millaisia kuormia ja kiinnitysratkaisuja on hyväksyttävää käyttää ilman että kateen takuu raukeaa.

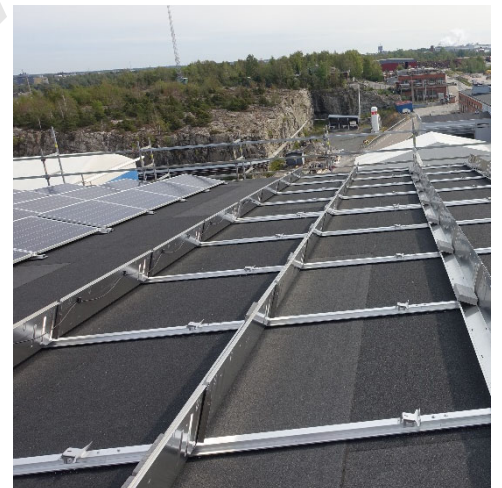
Yläpohjarakenteet voivat olla joko perinteisiä kantavia vesikattorakenteita tai käännettyjä rakenteita, jolloin kate lepää jäykän lämmöneristeen päällä. Asennusalustana nämä kaksi perustyyppiä eroavat toisistaan merkittävästi.

- Kiinteän kantavan alusrakenteen päälle aurinkopaneelikenttä voidaan kiinnittää vastaavilla asennustuotteilla ja -menetelmillä kuin kaltevien kattojen asennuksissa.
- Käännetyn kattorakenteen päällä paneelit tuetaan joko kantavaan rakenteeseen ankkuroiduilla kattopollareilla tai toteutetaan se kelluvana rakenteena. Kattopollareilla toteutettava asennus vaatii yleensä erillisen rakennesuunnittelun rakenteiden kantavuuden ja läpivientien vesitiiviiden takaamiseksi.

Kelluvana vesikatteeseen päälle toteutettua paneelikenttää suunniteltaessa tulee kiinnittää huomiota kattorakenteen pintakuorman kantokykyyn ja paneelikentän tuulikuormiin. Jos katemateriaalin ja lämmöneristeen välissä



*Kuva 23. Bitumikatoilla kannakkeet sijoitetaan niin, että tiivistyslaippa ei osu kateen liitossaumojen kohdalle, missä sen luotettava tiivistäminen on vaikeaa. Alumiinikannakkeen ja kattomateriaalin välissä kannattaa käyttää esimerkiksi lisäbitumipalaa, jottei hankaus aiheuta vuosien saatossa ennenaikaista kulumista. Kuva Janne Käpylehto.*



*Kuva 24. Loivilla katoilla, erityisesti rakenteessa, jossa vesikate lepää suoraan lämmöneristekerroksen varassa, kiinnitetään huomiota, ettei pistekuorma paneeliston tukipisteissä muodostu liian suureksi, vaan paino jakautuu tasaisesti. Suuri pistekuorma aiheuttaa painumia kateessa, ja edelleen veden lammikoitumista ja veden jäätyessä kateen rikkoutumista. Kuva Ulvilan sähköasennus.*



on kuormaa jakava rakennuslevy, voidaan kelluva rakenne toteuttaa helpommin.

Kelluvaan asennukseen kohdistuvat tuulikuormat kompensoidaan yleensä vastapainojen avulla. Erilaiset kiinnitysjärjestelmät voivat vaatia hyvinkin erisuuruisia vastapainoja, joten tuulikuormien ja painolastien suunnittelu on aina asennusjärjestelmäkohtaista. Myös paikalliset tuuliolosuhteet vaikuttavat suunnitteluun merkittävästi.

Taustaltaan avoimet asennusjärjestelmät vaativat huomattavasti raskaampaa painotusta kuin aerodynaamisesti optimoidut suljetut asennusjärjestelmät. Paneelikentän reunoilla on tyypillisesti suurempi tarve painolasteille.

Kiinteän ja kelluvan asennuksen välimuotona voidaan pitää asennusta, jossa asennustelineet liimataan katteeseen katemateriaalin kanssa yhteensopivalla liimalaipalla. Tällöin katteen kuormitus jää kelluvaa rakennetta pienemmäksi. Kriittiseksi tekijäksi järjestelmässä muodostuu katteen kestävyys nostavaa voimaa vastaan, kiinnityslaipan ja -liimamassan yhteensopivuus katteen kanssa sekä liimauksen pitkän aikavälin kestävyys.

Kaikissa loivan katon asennuksissa sadevesien asianmukainen virtaaminen ja mahdollisten kattokaivojen toiminta tulee varmistaa sekä ehkäistä vettä keräävien painaumien syntyminen.

## 6.2 Asennus julkisivuun

Aurinkopaneelit voidaan asentaa joko olemassa olevan julkisivun päälle tai paneelit voivat olla julkisivumateriaaliin integroituja ja kokonaan korvata julkisivumateriaalin (BIPV). Aurinkopaneelit voidaan asentaa myös esimerkiksi korvaamaan parvekkeen kaiteen julkisivumateriaalia (ks. kuva 2). Tällöin on huomioitava parvekkeille tyypillinen varatiekäyttö ja sen vaatimukset parvekkeella käytettäville pinnoille ja niiden paloluokituksille.

Järjestelmien vaatimukset asennukselle varmistetaan laitetoimittajilta. Integroiduissa (BIPV) aurinkosähköasennuksissa huomioidaan riittävä tuuletus, sillä paneelien ylikuumentuessa niiden sähköntuotto heikkenee. Ylikuumentuminen saattaa myös lyhentää paneelien käyttöikää. Erityisesti korkeat kerrostalojulkisivut ovat alttiita ylikuumentumiselle, koska tuuletus julkisivun ylä- ja alalaidasta ei välttämättä riitä. Tällöin tarvitaan lisäilmanottoaukkoja tai julkisivuun tuuletuskanavia.

Julkisivu- tai pystyasennus tuottaa noin 25 % vähemmän sähköä kuin kallistettu asennus, mutta suhteellinen tuotto paranee talvella ja pohjoisessa auringon paistaessa matalasta kulmasta.

## 6.3 Asennus maastoon

Kiinteistön aurinkosähköjärjestelmä voidaan asentaa myös maatelineisiin, jos käytettävissä on sopiva maa-alue. Telineityypin ja perustustavan valintaan vaikuttavat muun muassa maaperän kantokyky, routivuus ja rakeisuus. Maaperätutkimuksella saadaan tarvittavat lähtötiedot, jotta perustamistapa voidaan valita. Perustus voidaan toteuttaa betoni- tai teräspaaluilla, porapaaluilla tai muulla maaperään soveltuvalla menetelmällä. Myös painoperusteinen esim. betonielementein toteutettu, maan pinnan päälle tuleva maa-asennus on mahdollinen ja sopii paikkoihin, missä maan kaivamista on syytä välttää.



Kuva 25. Asennettu ohutkalvopaneeli asuinkerrostalon saumapeltikatolla Hangossa. Järjestelmään kuuluu harjalista, jonka alle jäävät paneelien kytkentärsiat ja DC-kaapelointi. Kuva Jaakko Virtanen, Virte Solar



Kuva 26. Paneelisto asennettuna julkisivumateriaalin päälle. Kuva Solarvoima.



Kuva 27. Painoperustainen maa-asennus kiinteällä kulmalla. Kuva Teemu Heikkinen

Maa-asennuksessa paneelisto voidaan yleensä vapaammin suunnata tuotannon ja kulutuksen ja kannalta optimaalisesti, tyypillisesti etelään. Maastoasennuksessa paneelit asennetaan metallirakenteisiin telineriveihin, joissa kussakin on yhdestä kolmeen riviä paneeleja. Kun perättäisiä rivejä on useampia, tulee niiden keskinäinen etäisyys olla riittävän suuri, etteivät ne varjosta toisiaan. Tällöin ne yleensä asennetaan tuotanto-optimaalista kulmaa (noin 45°) loivempaan kulmaan etsien kompromissi rivivälin ja asennuskulman välillä. Katso kuva 27.

Maa-asennuksissa voidaan käyttää myös esim. 1-akselisia traker järjestelmiä, joissa kääntyvä paneelisto pyrkii seuraamaan auringon liikettä taivaalla pidentäen siten paneeliston hyvän tuoton aikaa. Kaksipuoleisia paneeleita käyttävät aitatyyppiset pystyasennukset ovat myös varteenotettava vaihtoehto. Erityisesti itä-länsi asennuksena niillä saadaan aikaan hyvä kokonaistuotto päivälle, kun aurinkosähköä saadaan tuotettua paneelien molemmin puolin – aamupäivällä itäiseltä ja iltapäivällä läntiseltä taivaalta. Haluttaessa hyödyntää talven vähäiä paistetunteja kannattaa paneelisto suunnata etelään ja asentaa pystyyn. Pystyasennus on hyvä talvisin, kun aurinko paistaa matalalta. Lumikaan ei pääse kertymään pystypaneelin pinnalle.

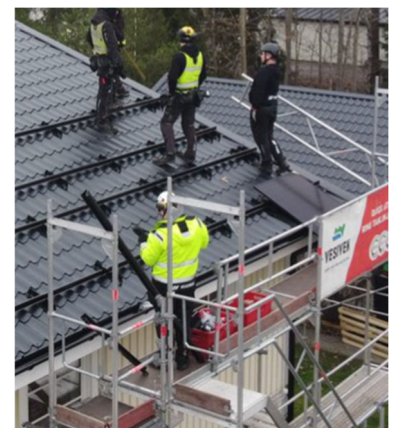
Invertterit asennetaan paneelien yhteyteen varjoon esim. paneelirivien alle tai keskitetysti erilliseen rakennukseen tai kaappiin. Paneeliketjujen DC-kaapelit reititetään asennustelineisiin kiinnitettyjen johtoteiden avulla inverttereille. AC-syöttökaapelit toteutetaan yleensä maakaapeleilla, jolloin ne eivät vaikeuta voimalan huoltotoimia. Maakaapelien suojauksessa on huomioitava alueen liikennöinnin vaikutus. Paneelirivien välien ja alustojen kasvillisuutta tulee hoitaa säännöllisesti, sillä villiintyessään kasvillisuus varjostaa paneeleja. Ylläpito tulee olla mahdollista suorittaa koneellisesti ilman että rakenteet sitä tarpeettomasti vaikeuttavat. Vaikeapääsyiset alueet, kuten paneelirivien alustat, voidaan päällystää kasvillisuutta hillitsevällä kuorike- tai muulla katteella. Myös laiduntavat eläimet, kuten lampaat tai lehmät voivat huolehtia kasvillisuuden hillitsemisestä. Tällöin on kiinnitettävä erityistä huomiota kaapeleiden suojaukseen mahdollisen eläinten pureskelun varalta.

Voimala voidaan tarvittaessa aidata ja varustaa kulunvalvontalaitteilla, ilkivallan ja varkauksien torjumiseksi. Sopiva aita vaaditaan myös mahdollisia laiduntavia eläimiä varten. Aluetta suunniteltaessa tulee olla yhteydessä kunnan rakennusvalvontaan ja suunnitella alueen sijoittuminen maastoon siten, että myös maisemalliset ja ympäristöön liittyvät näkökohdat tulevat huomioituksi. Myös pelastusviranomaisella voi olla asiaan suosituksia ja toiveita, joten on suositeltavaa neuvotella asiasta paikallisen pelastuslaitoksen kanssa jo hyvissä ajoin.

## 6.4 Työturvallisuus

### Katoilla työskentely

Aurinkoenergiajärjestelmien turvallinen asentaminen katolle edellyttää huolellista työn suunnittelua ja riskien tunnistamista. Lähtökohtana ovat työntekijöiden henkilökohtaiset suojaimet kuten kypärä, kuulosuojaimet, suojalasit, suojavaatetus, viiltosuojakäsineet, turvakengät, turvalinja- ja köydet.



**Kuva 28. Asianmukaiset rakennustelineet harjakattoasennuksen turvallisenä kulkutienä ja työtasona.**  
Kuva Vesivek/Jari Pohja

Harja- ja loivakattoiset ammattimaisesti toteutettavat uudiskohteet ovat selkeitä koska niissä on tavallisesti kestävätkä kaiteet katon ympärillä ja porrastornit katolle nousemista varten. Loivilla katoilla turvaköysi tarvitaan aina, kun työskennellään 1,5 m tai lähempänä putoamisvaarallista aluetta. Putoamisvaaralliset kohdat merkitään suunnitelman mukaan.

Harjakatollisiin kohteisiin, joissa on putoamisvaara, tulee rakentaa julkisivutelineet, jotka toimivat työtasona ja turvaavat asennuksen. Vaihtoehtoisesti voidaan asentaa turvakaiteet työalueen kohdalle. Saneerauskohteissa kaiteiden kiinnittäminen räystäisiin on kuitenkin usein haastavaa. Asennuksessa voidaan käyttää myös tarkastettua henkilönostinta mutta loivemmilla katoilla pelkästään nostokorista asentaminen on haastavaa. Tarvikkeiden nostamisessa työkohteeseen on nostin sen sijaan erittäin käyttökelpoinen kuten myös hyvin jyrkillä katoilla.

Monessa kohteessa asentaminen voidaan suorittaa niin, että turvaköysi turvaa asentamisen. Tällöin tulee aina käyttää hyväksytyjä turvalajaita ja turvaköysiä. Jos turvaköysi kiinnitetään kattosiltaan, -tikkaaseen tai -portaaseen, varmistetaan, että tuote on hyväksytty turvaköyden kiinnitykseen eli ns. luokan 2 mukainen tuote ja että se on tarkastettu viimeisen vuoden sisällä valtuutetun asennusliikkeen toimesta. Eri katetyypeille on myös saatavissa hyväksytyjä kattopollareita, joista osa soveltuu myös väliaikaiseen kiinnitykseen. Katolla saattaa olla myös turvakiskoja tai -vaijereita.

Mikäli katto on niin jyrkkä, että asennustyötä joudutaan tekemään turvaköyden varassa, on käytettävä ns. kahden köyden systeemiä, jossa toinen köysi toimii varmistusköytenä. Yleensä henkilönostin on näin jyrkillä katoilla köysityöskentelyä parempi vaihtoehto.

Katolle nousemiseen tai muuhunkaan asennustyöhön ei tule käyttää nojatikasta. Myöskään rakennuksen kiinteä talotikas ei täytä virallisen nousutien määritelmää, vaan se on tarkoitettu lähinnä huoltojen ja tarkastusten tekemiseen. Jos muuta ei ole, tehdään rakennustelineistä nousutorni rakennuksen julkisivulle kulkuteineen.

Katoilla työskenneltäessä tulee käyttää turvallisia säänmukaisia työvaatteita, turvakengkiä, työvaiheeseen sopivia työkaluseiniä, suojalaseja, kuulosuojaimia ja suojakypärää.

Aurinkopaneeleja tulee käsitellä varovasti, sillä ne vaurioituvat herkästi. Aurinkopaneelien päälle ei saa astua eikä niiden lasiosaan saa nojata. Tarvikkeita ja paneeleita katolle nostettaessa varmistetaan, etteivät ne pääse putoamaan kesken noston.

### **Sähköturvallisuus aurinkosähköasennuksissa**

Aurinkosähköpaneeli alkaa tuottaa sähkövirtaa heti kun siihen osuu auringonvalo. Jos paneelit kytketään sarjaan sitä mukaan, kun ne asennetaan, muodostuu paneeliketjun positiivisen ja negatiivisen navan välille sitä suurempi jännite, mitä useampia paneeleita ketjussa on. Asennusta suoritettaessa tulee varmistaa, että positiivisen ja negatiivisen johtimen välille ei pääse syntymään valokaarta.

Verkkoinvertterin vaihtosähkötyöt ja myös paneelistolta verkkoinvertterille johtavat jännitteisten johtimien tasasähkötyöt saa suorittaa vain asianmukaiset pätevyydet omaava henkilö.



*Kuva 29. Paneelihissi kuvattuna messuilla. Saatavilla on jopa 20 m päähän ulottuvia, taitoksin lappeelle kääntyviä hissejä. Hisseillä paneelien kuljetus maasta katolle onnistuu turvallisesti. Kuva Teemu Heikkinen*



## 6.5 Työmaalogistiikka

Aurinkosähköjärjestelmän osia on kappalemäärällisesti paljon, mutta ne ovat tyypillisesti kooltaan sellaisia, että isoimpiakin niistä pystyy yksikin asentaja kohtuudella siirtelemään työmaalla. Poikkeuksena tästä ovat isommat verkkoinvertterit, jotka voivat painaa useita kymmeniä kiloja ja vaativat kaksi henkeä esim. nostamaan ne seinälle paikoilleen telineeseensä.

Mahdollisesti tarvittavien betonipainojen/painolavojen siirtely vaatii konevoimaa.

Yksittäinen kiteisen piin aurinkopaneeli on mitoiltaan 1,1–1,4 m leveä ja 1,7–2,4 m pitkä alumiinikehyksen paksuuden ollessa noin 3 cm. Paneeli painaa tyypistä ja mallista riippuen noin 20–33 kg. Painavimmasta päästä ovat yleistyvät lasi-lasi bifacial paneelit, joiden siirtelyssä ja asentamisessa tarvitaan jo kaksi henkilöä.

Paneelit tulevat toimittajilta esim. 30–35 kpl kuormalavoilla pahvein suojattuna. Ne täytyy erikseen suojata sateelta ja muulta kastumiselta. Paneelien alle tulevat asennuskiskot ovat toimituksen pisimmät osat 4-6 m kappalepituuksillaan, eikä niiden kuljettaminen sellaisenaan kerrostalon katolle sisäkautta esim. hissillä enää onnistu vaan tarvitaan ulos nostokalustoa. Järjestelmän pakkausmateriaaleista syntyy pahvi-, muovi- ja mahdollisesti puujätettä, jotka tulee kierrättää asianmukaisesti.

## 7 VERKKOON KYTKEMINEN

Paikallisella jakeluverkonhaltijalla tulee jo hankkeen alkuvaiheessa etukäteen hyväksyttää suunnitellun laitteiston tekniset yhteensopivuudet sähkönsiirtoverkon kanssa toimittamalla heille täytetty pientuotantolaitteiston yleistietolomake. Alueittain voi olla tiukkojakin rajoitteita millaisia voimaloita voidaan asentaa. Tyypillisesti yleistietolomakkeeseen täytetään tiedot omistajasta, käyttöpaikasta ja toteuttavasta sähköurakoitsijasta sekä perustiedot asennettavasta tuotantolaitteistosta. Samalla lomakkeella voidaan ilmoittaa yleensä myös mahdollisen sähkövaraston liittämistä. Energiateollisuuden suosittelemalla ja yleisesti sähköyhtiöiden käyttämällä yleistietolomakkeella voidaan ilmoittaa nimellisteholtaan enintään 1000 kW aurinkosähkövoimalan verkkoon liittämisuunnitelmista.

Paneeliston ja invertterin välisen kaapeloinnin ja verkkoinvertterin asennukseen liittyvät sähkötyöt saa suorittaa vain sähköturvallisuuslain edellytykset täyttävä henkilö. Aurinkosähkövoimalan tulee aina olla erotettavissa verkosta ja erotuskytkimen tulee olla lukittavissa. Lisäksi erotuskytkin tulee sijoittaa sellaiseen paikkaan tai tilaan, johon verkonhaltijalla on esteetön pääsy. Lisäksi pelastusviranomaisilla voi olla lisävaateita laitteiston erotuksille turvallisen pelastustoiminnan takaamiseksi.

Kun aurinkovoimala on asennettu ja sähköasentaja on suorittanut sen käyttöönottotarkastuksen, voidaan laitoksen verkkoon kytkemiseen pyytää lupaa verkonhaltijalta. Ennen kytkemistä ylijäämä sähkölle tulee olla myös sovittuna ostaja.

### Kytkeä

Verkkoon kytkettyjen aurinkosähköjärjestelmien yksittäiset paneelit kytketään sarjaan paneeliketjuksi. Nykyisin lähes kaikissa paneeleissa käytetään MC4-tyypistä tasavirtaliitintä. Liitintyyppiä ei ole kuitenkaan standardoitu, joten yhteensopivuuden, hyvän galvaanisen kontaktin ja

sitä kautta paloturvallisuuden varmistamiseksi on käytettävä saman valmistajan liittimiä (katso SFS 6000-7-712 kohta 712.526.101).

Tasavirtakaapelit viedään paneelistoilta mahdollisimman lyhyttä reittiä verkkoinverterille. Sähköasennusstandardi *SFS 6000-7-712* vaatii, että johdot eivät saa kulkea kattoa pitkin. Tarkoituksena on, ettei valuva lumi ja jää revi liitoksia auki. Pitkät vaakavedot toteutetaan esimerkiksi paneelilinjoiden omin johtokiinnikkein tai alumiinisilla kiinnikkeillä. Sisätiloissa esimerkiksi ullakolla ei saa olla ilmajohtoasennuksia vaan kaapeleilla tulee olla jokin rakenteita pitkin menevä ja niihin kiinnitetty johtoreitti.

Verkkoon syötön pisteen ei tarvitse sijaita pääkeskuksessa. Verkkoinverteri voidaan kytkeä kiinteistön verkkoon missä tahansa kytkentäpisteessä, johon tulee riittävän poikkipinta-alan omaava kaapelointi. Jos aurinkovoimala on esimerkiksi piharakennuksessa, voidaan verkkoinverteri kytkeä piharakennuksen ryhmäkeskukseen. Kytkentäkaapeli varustetaan johdonsuojakytkimillä tai muilla suojalaitteilla, kuten sulakkeilla. Vaatimusten mukaiset tarrat takasyötön vaarasta tulee löytyä kaikista keskuksista.

Verkon huolto- ja korjaustilanteessa aurinkosähköjärjestelmä ei saa syöttää jännitettä verkkoon. Vaikka inverterin automatiikka tarkkailee verkon jännitettä ja katkaisee syötön, jos jännite putoaa, on voimala varustettava edellä mainitulla lisäerottimella, jolla voidaan varmistaa sähköasennusten työturvallisuus paitsi itse kiinteistössä, myös yleisessä sähköverkossa kiinteistön ulkopuolella. Yli 50 kW tehoiselta voimalalta edellytetään lisäksi sähköliittymäkohtaista keskitettyä suojausta. Tästä voi lukea lisää esim. ST-Käsikirja 40:stä Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelu ja toteutus.

## 8 KÄYTTÖÖNOTTO

### 8.1 Käyttöönottotarkastus

Kaikissa aurinkovoimaloissa käyttöönottotarkastuksessa noudatetaan ensisijaisesti standardien *SFS 6000-6* ja *SFS-EN 62446* vaatimuksia. Jälkimmäinen on nykyään (2023 alusta) velvoittava standardi. Kaikille verkkoon kytkettäville aurinkosähköjärjestelmille tehdään käyttöönottotarkastukset aurinkosähköjärjestelmän ja ryhmäjohtokytkentöjen osalta ja täytetään asianmukaiset pöytäkirjat (*ST 55.36* ja *ST 51.21.06*). Pienissä rakennuskohtaisissa aurinkosähköjärjestelmissä tehdään vähintään seuraavat tarkastukset:

- dokumentaatio: todetaan kaikkien dokumenttien oikeellisuus
- merkinnät ja varoitukset
- mekaaniset ja sähköiset asennukset aistinvaraisesti
- paneeliston rungon ja asennuskiskojen maadoitus
- vesikatteen läpivientien vesitiiviys ja säänkestävyys.

Kaikki vaihtovirtapiireille tehtävät testit toteutetaan ja dokumentoidaan standardin *SFS 6000-6* vaatimusten mukaisesti. Kun vaihtovirtapiiri on testattu, tehdään tasavirtapiirille vähintään seuraavat testaukset:

- suojamaadoitusjohtimen jatkuvuus
- paneeliketjujen napaisuus
- paneeliketjun avoimen piirin jännite (samaa MPPT:hen rinnan kytketyillä ketjuilla tulisi olla sama jännite eli sama määrä paneeleja)
- paneeliketjun oikosulkuvirta
- järjestelmän toiminnallisuus
- tasasähköpiirien eristysresistanssi

Tarkemmat selostukset testien suorittamisesta ja noudatettavista raja-arvoista löytyvät standardista *SFS-EN 62446-1*.

Kaikki tulokset kirjataan yksilöityyn käyttöönottopöytäkirjaan, jonka testeistä vastaava henkilö allekirjoituksellaan tai muulla tavoin vahvistaa. Käyttöönottopöytäkirja liitetään osaksi aurinkosähköjärjestelmän dokumentaatiota.

### 8.2 Dokumentointi

Aurinkosähköjärjestelmän pitkän teknisen käyttöiän aikana järjestelmä voi vaatia tarkastus-, huolto- ja muutostyömenpiteitä. Jotta toimenpiteet voitaisiin suorittaa tehokkaasti ja turvallisesti, tulee järjestelmän dokumentaation olla yksityiskohtainen, kattava ja standardin *SFS 62446-1* mukainen. Lisäksi dokumentaatiosta on mahdollista invertterin vaihtoa ajatellen hyvä löytyä laskelmat paneeliston kytkennästä invertteriin ja tähän liittyvät sähköiset arvot, kuten virta ja eri lämpötiloissa esiintyvät jännitteet. Tarjouspyyntö- ja urakkasopimusasiakirjoissa tulee määritellä vaadittava dokumentaation taso.

*SFS-EN 62446-1* asettaa seuraavia vähimmäisvaatimuksia aurinkosähköjärjestelmän dokumentaatiolle:

- Johdotuskaaviot sekä tarkat laitetiedot ja datalehdet järjestelmästä mukaan lukien potentiaalintasaukset tai muut maadoitukset.
- Mekaanisen suunnittelun tiedot, käytännössä kiinnitysjärjestelmän datalehdet. Jos kiinnitysrakenteita on muutettu, silloin tulee sisällyttää tarvittava dokumentaatio, joka voisi olla esimerkiksi rakennesuunnittelijan selvitys.
- Häätätilannejärjestelmien dokumentaatio ja käyttöohjeet eli esimerkiksi pelastusviranomaisen toimintaa tukevat hätäpysäytykset tai vastaavat ratkaisut.

- Käyttö- ja kunnossapito-ohjeet, joiden avulla voidaan varmistaa järjestelmän oikea toiminta, toteuttaa hätäpysäytys, kunnossapitotoimet, puhdistukset ja muut rakennustyöt turvallisesti sekä tarkastaa järjestelmän takuehdot.

Dokumentaation lisäksi tulee järjestelmän laite-, kaapeli- ym. merkintöjen laajuudesta sopia urakka-asiakirjoissa. Käyttöönotto- ja muut tarkastukset tulee kuulua aina sähköurakan tarjoukseen, ellei tarjouspyynnössä ole toisin mainittu. Maksuerätaulukoida laadittaessa viimeinen maksuerä sidotaan käyttöönottotarkastuksessa havaittujen puutteiden korjaamiseen. Myös takuun kattavuudesta ja ennen takuuajan loppumista suoritettavista tarkastuksista sekä niiden kustannuksista sovitaan urakka-asiakirjoissa.

Sähköinfo Oy:n ST-kortistosta on saatavilla valmiit lomakkeet ST 55.35 Pientuotantolaitteiston yleistietolomake, ST 51.21.06 Käyttöönottotarkastuspöytäkirja ryhmäjohtotason sähköasennuksille ja ST 55.36 Aurinkosähköjärjestelmän käyttöönottotarkastuspöytäkirja.



## 9 HUOLTO JA YLLÄPITO

Aurinkosähköjärjestelmät ovat perusrakenteeltaan yksinkertaisia eivätkä vaadi jatkuvaa huoltoa. Aurinkopaneelien suunniteltu käyttöikä on noin 30 vuotta ja kiinnitysjärjestelmät suunnitellaan kestäväksi sama aika. Aurinkosähköjärjestelmä on hyvä tarkastuttaa ammattilaisella vuosittain esimerkiksi osana muuta kiinteistönhuoltoa.

### 9.1 Paneelit

Aurinkopaneelien huolto käsittää silmämääräisen tarkistuksen, jossa etsitään poikkeamia paneeleista. Tällaisia voivat olla väripoikkeamat, säröt lasissa, laminoinnin purkautuminen, irronneet kiinnikkeet tai johdotuksen kiinnityksen puutteet. Samalla tarkistetaan paneelien likaantuminen ja arvioidaan puhdistuksen tarve. Aurinkopaneelien likaantuminen riippuu paikallisista olosuhteista ja asennuskulmasta. Loivassa alle 20 ° kaltevuuskulmaan asennetussa paneelissa ei sateen pesevä vaikutus ole yhtä voimakas kuin jyrkemmissä asennuskulmissa. Paneelien pesulla voidaan parhaimmillaan saavuttaa muutaman prosentin tehonlisäys. Pesua ei kannata tehdä kovin usein, ellei paneelien likaantuminen ole erityisen voimakasta. Pesun tarvetta voidaan arvioida esimerkiksi 5 vuoden välein. Voimakkaita pesuaineita tai liuottimia ei saa käyttää, sillä ne voivat vahingoittaa paneelien heijastuspinnoitetta. Sähköntuotantoyöstä keskitalvella paneeleita ei yleensä kannata puhdistaa lumesta, mutta jo helmikuun lopulla tästä voi olla hyötyä. Pakkanen ja lumen heijastava vaikutus parantavat hieman paneelien hyötysuhdetta. Lunta poistettaessa tulee varoa vahingoittamasta paneelien lasia ja sen pinnoitetta sekä huolehtia työturvallisuudesta.



*Kuva 30. Aurinkopaneelin tuotto heikkenee oleellisesti sydäntalvella, eikä sitä yleensä kannata puhdistaa lumesta. Kevätaurinko sulattaa lumen tummalta pinnalta. Kuva Pekka Hänninen.*

### 9.2 Verkkoinvertteri

Verkkoinvertterin suunniteltu käyttöikä on alle puolet aurinkopaneelien käyttöikästä. Pienien verkkoinvertterien vikaantuessa on yleensä kannattavinta uusita verkkoinvertteri kokonaan. Samalla saadaan käyttöön uusinta teknologiaa, joka voi parantaa järjestelmän tuottoa ja hallittavuutta.

Pienen aurinkovoimalan muutaman kilowatin verkkoinvertterin käyttöikäksi lasketaan noin 15 vuotta, jolloin laitteisto tulee viimeistään tarkistaa ja arvioida uusimistarve. Uusiminen huomioidaan aurinkovoimalan kannattavuuslaskennassa.

Isojen järjestelmien keskusinverttereissä valmistaja takaa varaosien saatavuuden jopa 25 vuodeksi. Järeät verkkoinvertterit ovat rakenteeltaan modulaarisia, joten niiden vikaantuneita komponentteja voidaan vaihtaa ja huoltaa.

Käytettäessä mikroinverttereitä tai DC-optimoijia isommissa järjestelmissä ja paneelientenissä on hyvä huomioida seuraavia seikkoja

- rikkoontunut laite on tyypillisesti helppo havaita ja paikantaa etäseurantajärjestelmän kautta,
- uuden laitteen vaihtaminen rikkoontuneen tilalle voi olla työläs ja myös työturvallisuusmielessä haastava tehtävä vikaantuneen laitteen sijainnista kunnosta riippuen,
- laitteen mahdollisesti yhä voimassa oleva takuu kattaa vain uuden korvaavan laitteen – ei sen vaihtoa ja siitä syntyviä kustannuksia.

### 9.3 Etäseuranta

Verkkoinverttereiden etäseurantaominaisuuksilla aurinkosähköjärjestelmän tilasta ja toiminnasta saadaan kiinnostavaa ja hyödyllistä tietoa. Järjestelmän tuotantoa voidaan myös esimerkiksi verrata lähialueen muihin voimaloihin, jolloin voidaan varmistua siitä, ettei järjestelmä toimi vajaateholla.

Verkkoinvertterivalmistajista riippumattomiin seurantapalveluihin liittyy yleensä erillinen tiedonkeruulaite. Tiedonkeruu tarjoaa laajemmat seurantamahdollisuudet ja on suositeltava keskisuurissa ja suurissa järjestelmissä.

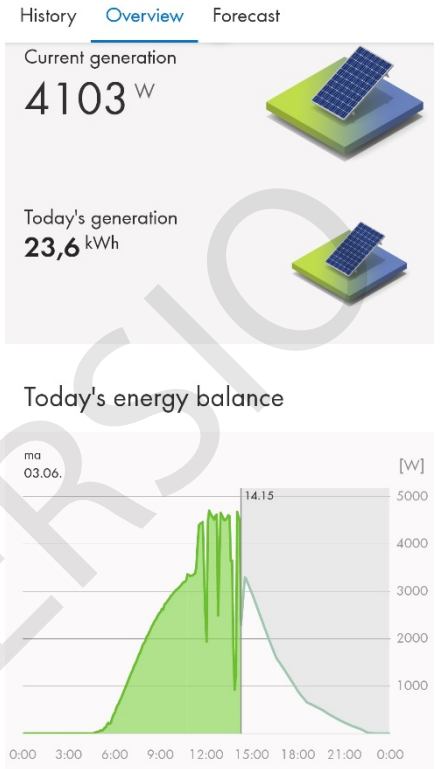
Suuret voimat, joissa on kymmeniä tai satoja paneeliketjuja, varustetaan ketjukohtaisella tuoton etäseurannalla. Tällöin paneeliketjujen tuottoa voidaan verrata ja puutteellisesti toimiva paneeliketju havaita nopeasti. Suurissakin voimaloissa yleistyneet ketjuinvertterit tarjoavat paneeliketjupari-tason etäseurannan ilman kolmannen osapuolen seurantalaitteita.

Etäseuranta mahdollistaa myös sähköntuotannossa näkyvien vikojen seurannan ja sitä voidaan automatisoida niin, että esimerkiksi tiettyjen raja-arvojen ylityksestä tai alituksesta lähtee viesti järjestelmästä vastaavalle henkilölle.

### 9.4 Järjestelmän kierrätys elinkaaren lopussa

Jätejakeina ajateltuna aurinkosähköjärjestelmä koostuu metalliromusta (kiinnitysjärjestelmä ja paneelikehykset) sekä sähkö- ja elektroniikkaromusta eli SER-jätteestä. Tyypillisesti käytetty yksi- tai monikidepaneeli sisältää seuraavia materiaaleja: pii, lyijytön lasi, lyijylasi, komposiittimuovi, alumiini, kupari, hopea ja kadmium (usein myös tina ja lyijy). Parhaan kierrätystuloksen saamiseksi paneelit tulisi kierrättää omana jakeenaan, mutta toistaiseksi pienien volyymien vuoksi Suomessa myös aurinkopaneelit kierrätetään siis SER-jätteenä eli murskataan ja käsitellään muun sähkö- ja elektroniikkaromun joukossa.

Piipohjaisen aurinkopaneelin materiaaleista jo 98 % on kierrätettävissä ja kehitteillä olevissa tulevaisuuden aurinkokennoissa päästään mahdollisesti 100 % kierrätysasteeseen. Tulevaisuudessa, kun paneeleita alkaa tulla elinkaarensa päähän enenevässä määrin niille tultaneen myös Suomessa järjestämään oma keräyksensä, jolloin kierrätysastetta saadaan nostettua. Esim. Saksassa paneelien kierrätys on jo kannattavaa liiketoimintaa.



Kuva 31. SMA Energy -etäseuranta-sovelluksen yleisnäkymä. Kuva Teemu Heikkinen

## 10 KIRJALLISUUTTA

### Lait ja asetukset

Asunto-osakeyhtiölaki. Suomen säädöskokoelma 1599/2009.

Rakentamislaki. Suomen säädöskokoelma 751/2023. Laki tulee voimaan 1.1.2025.

Työturvallisuuslaki. Suomen säädöskokoelma 738/2002.

Ympäristöministeriön asetus eräiden rakennuksen teknisten järjestelmien energiatehokkuuden vaatimuksista. Suomen säädöskokoelma 718/2020.

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen käyttöturvallisuudesta. Suomen säädöskokoelma 1007/2017.

Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta. Suomen säädöskokoelma 848/2017.

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta. Suomen säädöskokoelma 1010/2017.

Valtioneuvoston asetus sähköntoimitusten selvityksestä ja mittauksesta. Suomen säädöskokoelma 767/2021.

### Standardit

SFS 6000-4-42 Pienjänniteasennukset. Osa 4-42: Suojausmenetelmät: Suojaus lämmön vaikutuksilta. 2022.

SFS 6000-6 Pienjännitesähköasennukset. Osa 6: Tarkastukset. 2022.

SFS 6000-7-712 Pienjänniteasennukset. Osa 7-712: Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Aurinkosähköjärjestelmät. 2022

SFS-EN 1991-1-3 Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-3: Yleiset kuormat. Lumikuormat. 2015.

SFS-EN 1991-1-4 Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-4: Yleiset kuormat. Tuulikuormat. 2005.

SFS-EN 1991-1-6 Eurokoodi 1. Rakenteiden kuormat. Osa 1-6: Yleiset kuormat. Toteuttamisen aikaiset kuormat. 2005.

SFS-EN 50549 Requirements for generating plants to be connected in parallel with distribution networks. 2019.

SFS-EN 62446-1 + A1:2018 Aurinkosähköjärjestelmät. Vaatimukset dokumentaatiolle, kunnossapidolle ja testaamiselle. Osa 1: Sähköverkkoon kytketyt järjestelmät. Dokumentaatio, käyttöönottestit ja tarkastus. 2018.

IEC 62305-3:en Protection against lightning – Part 3: Physical damage to structures and life hazard. 2010

IEC 62938:en Photovoltaic (PV) modules - Non-uniform snow load testing. 2020.

SFS-käsikirja 607 Aurinkosähköjärjestelmät. 2019.

### RT- ja ST-ohjeet

RT 103077. Aurinkolämpöjärjestelmät. 2019.

RT 07-11300. KH 92-00663, LVI 30-10632 Aurinkosuojaus. 2018.

RT 85-10738. KH 92-00284 Vesikaton korjaus. Korjausrakentaminen. 2000.

RT 85-10767. Metalliset muoto- ja poimulevykatteet. 2002.

RT 103301. Jyrkät bitumikermikatot. 2020.

RT 103313. Loivat bitumikermikatot. 2020.

RT 85-10847. Savitiilikatot. 2005.

RT 85-10848. Betonitiilikatot. 2005.

RT 85-11132. KH 90-00537. Vesikaton turvavarusteet. 2013.

RT 85-11158. KH 92-00551. Konesaumattu peltikatto. 2014.

RT 85-11203. Infra 23-710151. KH 92-00582. Viherkatot ja katto- ja kansipuutarhat, periaatteet. 2016.

RT 85-11205. Infra 46-710153 Viherkatot ja katto- ja kansipuutarhat, rakenteet. 2016

RT 85-11204, Infra 23-710152 Viherkatot ja katto- ja kansipuutarhat, kasvillisuus ja kasvualusta. 2016

RT 92-11216, Akkuhuoneet ja varaamotilat. 2016

RatuTT 12-01019, Infra TT7.2-730332 Kattotöiden työturvallisuus. 2012

ST-käsikirja 40. Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelu ja toteutus. Sähköinfo Oy 2023.

ST 51.21.06 Käyttöönottotarkastuspöytäkirja ryhmäjohtotason sähköasennuksille. 2023

ST 55.35 Pientuotantolaitteiston yleistietolomake. 2023

ST 55.36 Aurinkosähköjärjestelmän käyttöönottotarkastuspöytäkirja. 2023

## Muu kirjallisuus

Auringosta sähköt kotiin, kerrostaloon ja yritykseen. Janne Käpylehto. Into-kustannus 2016.

Aurinkoenergia Suomessa. Markku Tahkokorpi. Into-kustannus 2016.

Aurinkopaneelien kierrättämisen mahdollisuudet Suomessa. Taru Rantaruoko. 2022. Opinnäytetyö HAMK. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-202205098000>

Omatuotannon vaikutus pienkiinteistön sähköverkkoon. Aki Kortetmäki, Marko Yliinen, Juho Ylipaino. 2023. TAMK <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-7266-81-6>

Photovoltaics: Fundamentals, Technology and Practice. John Willey & Sons Ltd 2018

Planning and Installing Photovoltaic Systems. The German Energy Society 2013

## Internet-tietolähteitä

Ilmatieteenlaitos: <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/>

Euroopan Unionin tietokanta (säteilyatlas), Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS), versio 5.2: [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/)

Motivan aurinkosähkösivut: [www.motiva.fi/raatkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko](http://www.motiva.fi/raatkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko)

Aurinkosähkö – puhdasta energiaa kotiin: [aurinkosahkoakotiin.fi](http://aurinkosahkoakotiin.fi)

Suomen Aurinkoenergiayhdistys ry: <https://www.sary.fi/>

Aurinkosähköjärjestelmien paloturvallisuusohje. Pelastuslaitosten kumppanuusverkosto. 2023. <https://www.pelastuslaitokset.fi/julkaisu/aurinkosahkojarjestelmat>

Energiatiedollisuus ry:n suosittelema yleistietolomake. 2023. <https://energia.fi/wp-content/uploads/2023/12/ET-sahkon-pientuotannon-yleistietolomake-2023-11-27-1.pdf>

Photovoltaic Report. Fraunhofer Institute of Solar Energy Systems ISE. 2023. <https://www.ise.fraunhofer.de/en/publications/studies/photovoltaics-report.html>

Ympäristöministeriön nettisivut. 2024. Viitattu 5.1.2024. <https://ym.fi/-/rakennusten-energiatehokkuusdirektiivista-alustava-sopu>

Verohallinnon verkkosivut. 2024. Viitattu 29.2.2024. [Energiaverotus - vero.fi](http://Energiaverotus-vero.fi)

## Simulointiohjelmat

Polysun: HYPERLINK

"http://www.velasolaris.com/"www.velasolaris.com

PV\*SOL premium: HYPERLINK "http://www.valentin-software.com/"www.valentin-

PV-Simulation 3D: [www.hottgenroth.de](http://www.hottgenroth.de)

PVsyst Photovoltaic Software, PVsyst SA: [www.pvsyst.com](http://www.pvsyst.com)

IDA Indoor Climate and Energy:



## Kuvaluettelo

Kuvat 1, 2, 4, 5, 6, 7, 14, 16, 23, 24 ja 29: Pekka Hänninen Kuva 3: Kukka Kyrö

Kuva 8: Sähkötuotannon pienjänniteverkkoon liittäminen – määräykset ja sähköturvallisuus, Janne Karppanen, LLIT, 2012, mukaan

Kuva 9, 10, 11 ja 13: Teemu Heikkinen, Satakunnan ammattikorkeakoulu

Kuvat 12, 15, 20, 21 ja 22: Janne Käpylehto Kuvat 17 ja 18: Jaakko Virtanen, Virte Solar

HYPERLINK "bookmark://bookmark12" Kuva 19: Naps Solar Systems

Kuvat 25 ja 26: Samuli Ranta Kuva 27: Helen Oy

Kuva 28. Sähkö-Info Oy

*Ohjeen on laatinut Rakennustietosäätiö RTS:n toimikunta 467 Verkkoon kytketyt aurinkosähköjärjestelmät Teemu Heikkisen ja Matti Orrbergin käsikirjoituksen pohjalta:*

<i>Matti Orrberg</i>	<i>Sähköinfo, tekninen asiantuntija, puheenjohtaja</i>
<i>Samuli Ranta</i>	<i>AMK Turku, Energia- ja ympäristötekniikka, tutkimusvastaava</i>
<i>Markku Tahkokorpi</i>	<i>Utuapu Oy</i>
<i>Kimmo Liljeström</i>	<i>NCC Talotekniikka, johtaja</i>
<i>Janne Käpylehto</i>	<i>Solarvoima, kehitysjohtaja / Metropolia, tuntiopettaja</i>
<i>Jari Hännikäinen</i>	<i>Kiinteistöliitto, neuvontainsinööri</i>
<i>Jukka Torpakko</i>	<i>Ruukki Construction Oy, Sales Manager / Kattoliitto</i>
<i>Rami Mustonen</i>	<i>Katepal Oy tuotepäällikkö / Kattoliitto</i>
<i>Jari Suuronen</i>	<i>Työtehoseura, koulutuspäällikkö</i>
<i>Jari Pohja</i>	<i>Vesivek, tekninen johtaja</i>
<i>Salla Mustonen</i>	<i>Helsingin kaupunki, korjausrakentaminen, kaupunkikuvatyöryhmä</i>
<i>Jani Hyyryläinen</i>	<i>A- insinöörit</i>
<i>Ari Holopainen</i>	<i>Päijät-Hämeen pelastuslaitos, palotarkastaja</i>
<i>Sari Kukkasniemi</i>	<i>Verstas arkkitehdit</i>
<i>Teemu Heikkinen</i>	<i>Satakunnan ammattikorkeakoulu, käsikirjoittaja</i>
<i>Heli Niemi</i>	<i>Rakennustieto Oy, sihteeri</i>