



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Samuli Suuluhta

AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU- JA MITOITUSOH- JEET

Tekniikka 2025

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Samuli Suuluhta
Opinnäytetyön nimi	Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelu- ja mitoitusohjeet
Vuosi	2025
Kieli	Suomi
Sivumäärä	36 + 3 liitettä
Ohjaaja	Marko Iskala

Tässä opinnäytetyössä keskityttiin aurinkosähköjärjestelmän suunnittelu- ja mitoitusohjeiden luomiseen yleisesti kiinteistöihin suunnittelun avuksi. Lähtökohtana työlle oli nykyisen aurinkosähköjärjestelmän ohjeistukseen perehtyminen ja sen täydentäminen/parantaminen, suunnittelu- ja mitoitusohjeiden luominen sekä järjestelmäkaavion luominen.

Ohjeiden luomiseen hyödynnettiin olemassa olevia standardeja sekä netistä löytyvää materiaalia ja kirjallisuutta aurinkosähköön liittyen. Takaisinmaksuajan/kannattavuuslaskelman selvittämiseen käytetään nettipohjaista ohjelmaa sekä Excel taulukkolaskentaohjelmaa. Järjestelmämallikaavioon käytettiin yrityksen vanhaa mallipohjaa, jota paranneltiin ja jonka komponenteista tehtiin valmiita blokkeja nopeuttamaan työtä.

Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelu on monivaiheinen prosessi, joka varmistaa, että järjestelmä toimii tehokkaasti ja täyttää käyttäjän tarpeet. Yksi tärkeä vaihe on mitoitus, joka takaa järjestelmän tehokkuuden ja taloudellisuuden. Oikein mitoitettulla aurinkosähköjärjestelmällä voidaan savuttaa huomattavia säästöjä sähkökustannuksissa sekä vähentää hiilijalanjälkeä.

ABSTRACT

Author	Samuli Suuluhta	
Title	Design- and Dimensioning instructions for Power Systems	Solar
Year	2025	
Language	Finnish	
Pages	36 + 3 Appendices	
Name of Supervisor	Marko Iskala	

This thesis focuses on creating design and dimensioning instructions for solar power systems generally for properties to help in the design process. The starting point of the thesis was to study the instructions of the current solar power system and improve them. The purpose was to create design and dimensioning instructions.

Existing standards as well as online material and literature related to solar power systems were used to create the guidelines. A web-based program and an Excel spreadsheet were used to determine the payback period/profitability calculation. The company's old template was used for the system model diagram, which was improved and its components were made into ready-made blocks to speed up the work.

Designing a solar power system is a multi-step process that ensures that the system works efficiently and meets the users needs. One important step is dimensioning, which guarantees the efficiency and economy of the system. With a correctly dimensioning solar power system, significant savings in electricity costs can be achieved and the carbon footprint can be reduced.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	8
2	TOIMEKSIANTAJA	9
3	YLEISTÄ AURINKOSÄHKÖSTÄ.....	10
	3.1 Aurinkosähkön historia ja kehitys	10
	3.2 Aurinkosähkö Suomessa	11
4	AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄ.....	13
	4.1 Järjestelmätyypit.....	13
	4.2 Aurinkopaneelit	14
	4.2.1 Toiminta	16
	4.2.2 Aurinkopaneelin rakenne ja ominaisuudet.....	17
	4.2.3 Ympäristön vaikutus toimintaan.....	19
	4.3 Standardit ja vaatimukset	20
5	AURINKOVOIMALAN SUUNNITTELU	22
	5.1 Aurinkovoimalan mitoitus	22
	5.2 Asennuksen suunnittelu ja lähtötiedot	23
	5.3 Investointi ja taloudellinen arviointi	29
	5.4 Järjestelmäkaavio sekä Järjestelmän käyttöönotto ja testaus	31
6	YHTEENVETO	32
	LÄHTEET.....	33
	LIITTEET.....	36

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. Vuoden 2023 lopulla oleva aurinkosähkön tuotantokapasiteetti Suomessa [1.]	8
Kuva 2. Aurinkoenergian kokonaissäteily määrä Suomessa [5.] .	12
Kuva 3. Yksikide ja monikidepaneeli. [7.].....	14
Kuva 4. Aurinkosähköilmiö [11.]	17
Kuva 5. Aurinkopaneelin pääkomponentit [12.].....	17
Kuva 6. Merkki, joka ilmoittaa rakennuksessa olevasta aurinkosähkölaitteesta. [16.]	21
Kuva 7. Sähköverkkoon kytketyn aurinkosähkölaitteiston kokoonpano. [18.]	25
Kuva 8. Tasakattojen asennustelineet [20.]	26
Kuva 9. Harjakattojen asennustelineet [20.].....	26
Kuva 10. Peltikattojen asennustelineet [20.].....	27
Kuva 11. Tiilikattojen asennustelineet [20.]	27
Kuva 12. Huopakattoasennus [20.]	28
Kuva 13. Aurinkopaneelien kytkennät. [21.]	29
Taulukko 1. Aurinkosähkötuotanto suhteessa liittymäkokoön. ...	23
Taulukko 2. Invertterin sulakekoot.....	23

LIITELUETTELO

LIITE 1. Photovoltaic geographical information system (PVGIS)

LIITE 2. Kiinteistön aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuslaskuri

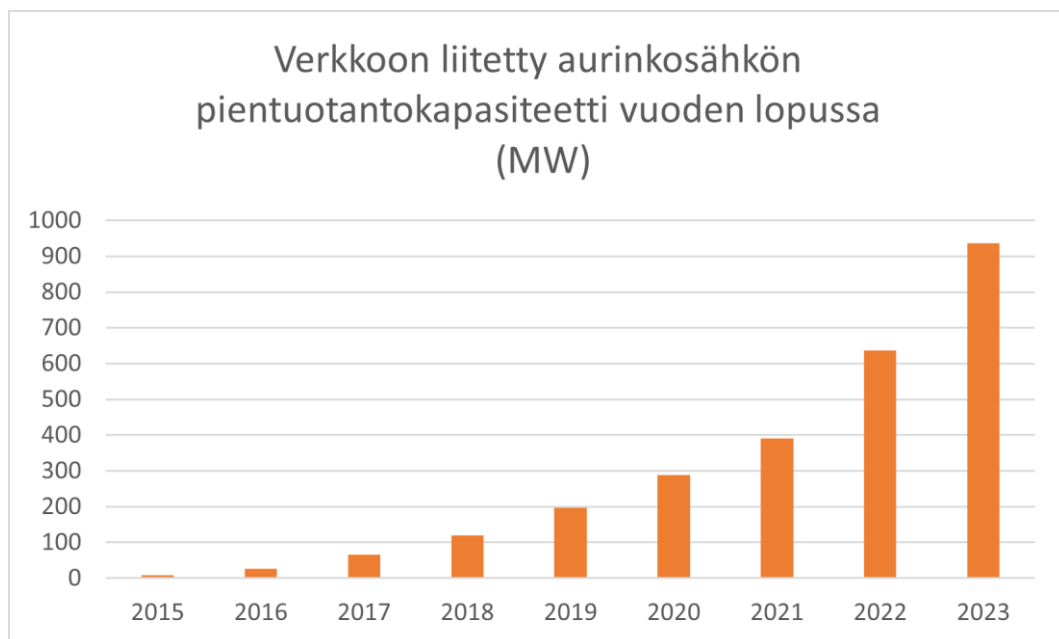
LYHENTEET JA TERMIT

Invertteri	Vaihtosuuntaaja, joka muuttaa tasasähkön vaihtosähköksi
I	virta
P	teho
U	jännite
kW	kilowatti
kWp	kilowattipiikki
AC	vaihtovirta
DC	tasavirta
N-tyyppi	paneeli rakennetaan negatiivisesti varautuneelle pohjalle, jolloin elektronit virtaavat pohjalta huipulle
P-tyyppi	paneeli rakennetaan positiivisesti varautuneelle pohjalle, jolloin elektronit virtaavat ylhäältä alas
SFS 6000	standardisarja, jossa on tärkeitä työkaluja sähköasennusten suunnittelijoille ja tekijöille
Potentiaalintasaus	johtavien osien välinen liitäntä, jonka tarkoituksena saada tasapotentiaali

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena on päivittää ja luoda aurinkosähköjärjestelmään liittyvät suunnittelu- ja mitoitusohjeet kiinteistöihin suunnittelijoiden tueksi. Työssä perehdytään aurinkoenergian perusteisiin ja historiaan sekä aurinkosähköjärjestelmään liittyviin komponentteihin, eri järjestelmiin, vaatimuksiin ja taloudelliseen arviointiin.

Aurinkoenergia tuotannon määrä kasvaa vuosittain Suomessa ja vuonna 2025 sen osuus sähköntuotannosta on lähes 1% luokkaa. Kuvassa 1 esitetään aurinkosähkön tuotantokapasiteetin kasvua vuosittain. Aurinkosähkö on yksinkertaisin ja edullisin tapa tuottaa sähköä. Päivittäistavarakaupat, toimistokiinteistöt ja julkiset rakennukset ovat parhaita kohteita aurinkopaneelien rakentamiseen.



Kuva 1. Vuoden 2023 lopulla oleva aurinkosähkön tuotantokapasiteetti Suomessa [1.]

2 TOIMEKSIANTAJA

Tämä opinnäytetyö tehdään Swecolle, jonka Gunnar Nordström perusti vuonna 1997. Sweco on ruotsalainen kansainvälisesti toimiva konsultointiyritys rakennus, energia ja ympäristöalalla. Sweco on yksi Euroopan johtavia arkkitehtuurin ja suunnittelun konsultointi yrityksiä, jolla on toimipaikkoja 14 maassa (Ruotsi, Norja, Suomi, Tanska, Viro, Latvia, Bulgaria, Tsekki, Saksa, Belgia, Hollanti, Englanti, Irlanti sekä Puola. Sweco suunnittelee ja mallintaa rakennuksia ja yhteisön infrastruktuuria. Yritys avustaa analyyseissä, laskelmissa, selvityksissä, suunniteluissa ja rakentamisessa liittyen siihen, mitä ollaan rakentamassa. [2.]

Swecolla on 22 000 työntekijää eri maissa joista 3000 on Suomessa. Yritys on laajentunut vuosien saatossa isolta osin yli 130 yrityksen yhdistymisen seurauksena. Sweco on kasvanut sekä orgaanisesti että yritystostojen kautta. Palveluihin kuuluu mm. rakennukset, kaupunkikehittäminen, teollisuus, energia- ja ympäristöpuoli, infra- ja liikennetäminen sekä arkkitehtuuri. Sähkösuunnitteluhankkeita ovat mm. sairaalat, koulut, datakeskukset sekä erikokoiset asuinrakennukset ja erilaiset kiinteistöt. [2.]

Mainittavia projekteja ovat mm. Stockholm_City_Line (7.4km pitkä raitiotietunneli), Kuwait_Towers (vesitorni, ravintola), Tegera_Arena (urheilu areena), Øresund_Bridge (Tanskan ja Ruotsin välissä oleva 8km pitkä raitiotie- ja moottoritie). Mainittavia projekteja Suomessa mm. Suomen suurin puukoulu, Mansikalan koulu Imatralla, Kuopion portti kaupunkikeskus, Ahveniston sairaala Assi, Tapiolan keskus, Kruunusillat, Tampereen raitiotiet. [2.]

3 YLEISTÄ AURINKOSÄHKÖSTÄ

3.1 Aurinkosähkön historia ja kehitys

Aurinkoenergian historia sai alkunsa vuonna 1839 ranskalaisen fyysikon Alexandre Becquerelin löytäessä aurinkosähkövaikutuksen elektrolyyttikennon avulla. Seuraava välivaihe oli vuonna 1883, kun amerikkalainen Charles Fritts keksi ensimmäisen aurinkokennon, jossa käytettiin seleeniä puolijohteena ja ohutta kultakerrosta. Kennot eivät kuitenkaan olleet tarpeeksi käytännöllisiä sähköntuotantoon, mutta keksintö loi pohjan tuleville keksinnöille. [3.]

Vuonna 1946 patentoitiin ensimmäinen piiaurinkokenno, jonka keksi Russell Ohl. Kennosta tuli standardi aurinkosähköteollisuudessa. Vuonna 1954 Bell Laboratories kehitti tehokkaan aurinkokennon, jota voitiin käyttää käytännön sovelluksissa mm. avaruusteollisuudessa. Ensimmäiset satelliitit, jotka toimivat aurinkovoimalla laukaistiin avaruuteen 1950-luvulla. [3.]

Ensimmäinen kodin laite, joka toimi pienellä aurinkopaneelilla tuotiin markkinoille vuonna 1970. Verkkoon sidotut aurinkosähköjärjestelmät tulivat 1980-1990-luvuilla, mikä mahdollisti laajat asennukset mm. maatalouteen, teollisuuteen ja liikenteeseen. [3.]

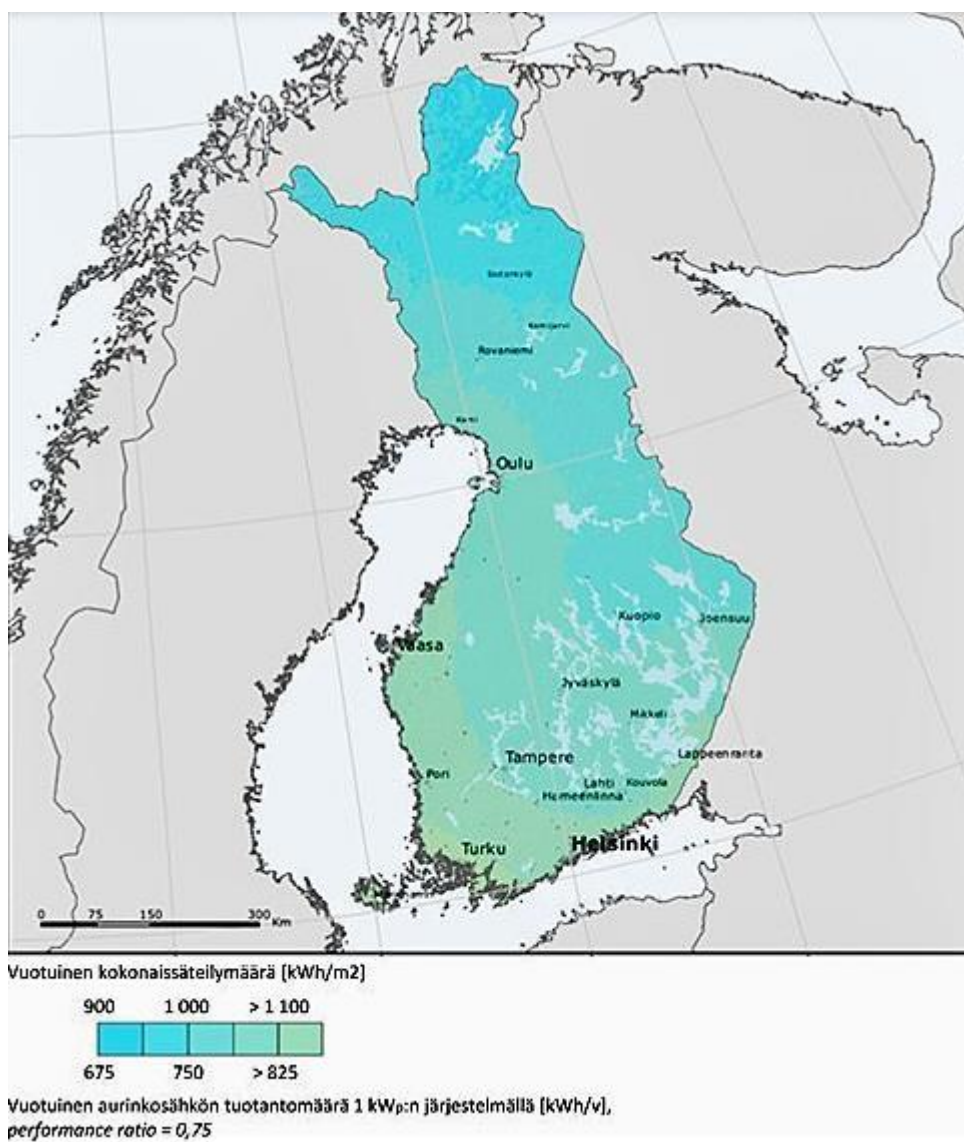
Aurinkosähkö on jatkanut kehitystä siitä lähtien, sen etuina ovat mm. puhdas ja kestävä energianlähde; se ei tuota hiilidioksidipäästöjä. Lisäksi aurinkopaneelien hinnat ovat laskeneet merkittävästi, joten ne ovat helpommin kuluttajan saatavilla. Säännökset ja lait ovat edistäneet sen yleistymistä. Näiden etujen ansiosta aurinkosähköjärjestelmiä näkee yhä useammin esim. yksityiskodeista, pienteollisuudesta tai omista kulutusjärjestelmistä. Teknologian kehitys, kustannussäästöt ja globaali ajattelutavan muutos ovat edistäneet aurinkosähkön kasvua maailmanlaajuisesti energiajärjestelmäksi. [3.]

Vaikka aurinkopaneelien tulevaisuus on lupaava, niillä on myös haasteensa. Yksi isoimmista haasteista on energian varastoiminen. Aurin-
gonvalon saatavuuden vuorokauden ja vuodenaikojen perusteella tehokkaat ja edulliset energian varastointiratkaisut ovat isossa osassa. Toisena haasteena on aurinkopaneelien kierrätys, sillä ne sisältävät monia eri materiaaleja, jotka ovat haitallisia ympäristölle.

3.2 Aurinkosähkö Suomessa

Suomen ensimmäinen aurinkovoimalaitos tuli käyttöön vuonna 1989. Vuodesta 2014 alkaen aurinkoenergiasta on tullut taloudellisesti kannattavaa aurinkoenergiajärjestelmien hintojen laskun johdosta. Viime vuosina aurinkosähkön pientuotanto on ollut voimakkaasti kasvussa. Aurinkosähkön tuotantokapasiteettia oli liitetty noin 395 megawattia vuoden 2021 loppupuolella. Suomen sähkön kokonaistuotannosta noin 0,4 prosenttia oli tuotettu aurinkosähköllä vuonna 2021. Aurinkosähkö ja aurinkolämpö ovat taloudellisesti kannattavia investointeja, jos energia tuotetaan omaan käyttöön. Pääasiassa Suomessa käytetään aurinkoenergiaa vedenlämmittämiseen ja sähkön tuottamiseen. [4.]

Aurinkosähköntuotanto koostuu melkein kokonaan alle 1 megawatin pientuotantolaitteistoista sähköverkkoon liitettynä. Aurinkoenergian käyttöä rajoittaa vuodenaikavaihtelut. Aurinkoenergian tuotanto perustuu valon määrään, jota Suomessa on jopa kesällä enemmän kuin Keski-Euroopassa kun taas marras-helmikuussa aurinkoenergiaa ei juurikaan saada talteen. [4.] Kuvassa 2 näkyy Suomen säteilymäärä.



Kuva 2. Aurinkoenergian kokonaissäteily määrä Suomessa [5.]

4 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄ

4.1 Järjestelmätyypit

Yleisiä aurinkosähköjärjestelmätyyppejä ovat mm. off-grid ja grid-tied järjestelmät sekä hybridiaurinkosähköjärjestelmä. Off-grid-järjestelmä on täysin riippumaton sähköverkosta, mikä tarkoittaa, että kaikki tarvittava energia tuotetaan ja varastoidaan paikan päällä. Off-grid-järjestelmät ovat yleisiä alueilla, joissa sähköverkkoon liittyminen ei ole mahdollista tai taloudellisesti kannattavaa. Hyvänä puolena on se, että ne ovat erittäin tehokkaita ja luotettavia kun taas huonona puolena on iso alkupääoman tarve, lisäksi ne vaativat enemmän huoltoa kuin grid-tied-järjestelmät. [6.]

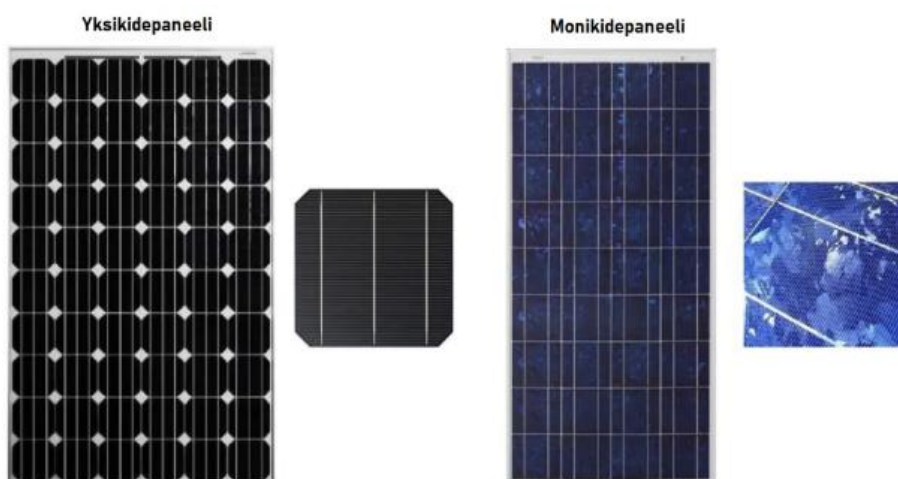
Grid-tied-järjestelmä on kytketty sähköverkkoon, mikä tekee siitä myös riippuvaisen verkosta. Se tuottaa energiaa päiväsaikaan, ja ylimääräisen energian voi myydä takaisin verkkoon tai varastoida tulevaa käyttöä varten. Grid-tied-järjestelmä on halvempi asentaa kuin off-grid ja se tarjoaa paremman tuoton investoinnille pitkällä aikavälillä. [6.]

Hybridijärjestelmässä on yhdistetty off-grid- ja grid-tied-järjestelmät. Siinä yhdistyy molempien järjestelmien parhaat puolet, riippumattomuus ja taloudellinen hyöty. Hybridijärjestelmässä on aurinkopaneelit ja akut energiaa varten, mikä tarkoittaa, että se voi tuottaa ja varastoida oman sähkönsä, mutta samalla se on kytkettynä sähköverkkoon. Jos esimerkiksi paneeleista ei saada tarpeeksi energiaa pilvisenä päivänä, järjestelmän on mahdollista ottaa energiaa verkkovirrasta tai jos paneelit tuottavat enemmän energiaa kun on tarve, se voidaan myydä takaisin verkkoon. Hybridijärjestelmä on kalliimpi kuin grid-tied-järjestelmä, mutta se tarjoaa paremman tuoton investoinnille pitkällä aikavälillä. Järjestelmä ei myöskään ole riippuvainen sähköverkosta, mikä tekee siitä joustavamman ja varmemman. [6.]

4.2 Aurinkopaneelit

Aurinkopaneelia valittaessa tulee päättää, minkälaiset ominaisuuden paneeliin haluaa. Ensimmäiseksi valitaan yksikiteisen tai monikiteisen välillä, seuraavaksi valitaan tyyppi, joita on N-tyyppi tai P-tyyppi. Lopuksi valitaan materiaali (lasi-lasi tai lasi-muovi).

Yleisimpiä paneelityyppejä ovat yksikide ja monikide, kummallakin on hyvät puolensa. Yksikiteiset aurinkopaneelit ovat tehokkaampia suorassa auringonpaisteessa ja ne kestävät kauemmin käytössä sekä ovat parempilaatuisia, mutta ne ovat kalliimpia kuin monikiteiset paneelit. Yksikiteisissä paneeleissa on yksi suuri piikide, jonka ansiosta sähkövirran kulku on tasaisempi ja tehokkaampi. Se on täydellinen valinta alueille, joissa on rajallinen tila aurinkopaneeleille tai jotka vaativat suurta energiantuotantoa. Yksikidepaneelit ovat yleisempi valinta tällä hetkellä. Vastaavasti monikiteinen aurinkopaneeli toimii paremmin heikommissa valaistusolosuhteissa, sillä se hyödyntää hajasäteilyä paremmin. Monikidepaneelit ovat halvempia ja helpompi valmistaa. Paneelissa on useita pieniä piikiteitä sulatettuna yhteen, mikä tekee niistä vähemmän tehokkaita kuin yksikiteiset paneelit, mutta ne ovat silti hyvä valinta useimpiin kohteisiin. Kuvassa 3 näkyy yksikide- ja monikidepaneelin ero. [7.]



Kuva 3. Yksikide ja monikidepaneeli. [7.]

P-tyypin paneeli rakennetaan positiivisesti varautuneelle piipohjalle. Aurinkokennon pohjan muodostaa pii, josta tehdään kiekko, jonka pohja päällystetään boorilla. Boorissa on yksi elektroni vähemmän kuin piillä, mikä johtaa siihen, että emäs on positiivisesti varautunut ja se houkuttelee negatiivisesti varautuneita elektroneja. Kiekon yläosa on seostettu fosforilla, joka sisältää yhden elektronin enemmän kuin piissä, jolloin saadaan positiivinen/negatiivinen rajapinta, sen seurauksena sähkö virtaa solun läpi. P-tyypin paneelit ovat halvempia ja kestävät paremmin sääolosuhteita verrattuna N-tyyppiin, mutta ne eivät ole yhtä tehokkaita. Ne ovat hyvä valinta kohteisiin, jossa on paljon tilaa ja tarvitaan paljon paneeleita. [8.]

N-tyypin paneeli on valmistettu päinvastoin kuin P-tyypin paneeli. Negatiivinen seostettu fosfori on kennon pohjalla ja booriseos on päällä, jolloin elektronit virtaavat pohjalta huipulle. N-tyyppi on tehokkaampi ja suorituskykyisempi kuin P-tyyppi, mikä tekee niistä myös kalliimpia. Se on hyvä valinta, jos on rajatusti tilaa. [8.]

Lasi-lasi-paneelissa myös pohja on lasia, jolloin kennot on laminoitu kahden lasilevyn väliin, paneelissa on kestävämpi sekä pitkäikäisempi rakenne. Niitä käytetään paljon kaupallisissa ja teollisissa ratkaisuissa. Lasi-muovi-paneeli kestää paremmin Suomen sääolosuhteita, koska siinä on paksumpi karkaistu lasi yläpuolella, ne ovat heikompia mekaanisille rasituksille. Paneelin alapuoli on muovista, jolloin se joustaa ja kestää lämpölaajenemista lasia paremmin. Reunat ovat alumiinikehyksellä. Niitä käytetään kevyissä ja joustavissa ratkaisuissa, kuten matkailuautoissa ja veneissä. [8.]

Aurinkopaneelien tehot vaihtelevat 270Wp-660Wp (yleisin 350Wp), paneelien painot vaihtelevat 15kg-35kg sekä mitat pituudessa 1,6m-2,4m ja leveydessä 0,95m-1,3m.

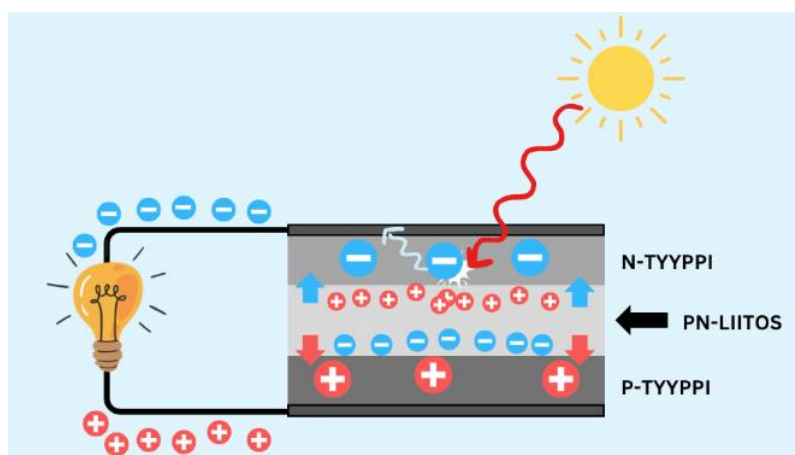
4.2.1 Toiminta

Aurinkopaneelit ovat isossa osassa uusiutuvan energian teknologiassa, niiden ansiosta saadaan tuotettua sähköenergiaa auringonvalon avulla. Prosessissa on useita eri komponentteja ja ilmiöitä, joista muodostuu aurinkopaneelijärjestelmä [9.]. Niiden keskeisiä komponentteja ovat:

- Fotovoltaiset solut, jotka ovat aurinkopaneelin keskeisin osa, sillä ne muuttavat auringonvalon sähkövirraksi.
- Invertteri, paneelit tuottavat tasavirtaa (DC), jonka invertteri muuttaa vaihtovirraksi (AC). Useimpien kotitalouksien ja yrityksien käytössä olevat laitteet tarvitsevat vaihtovirtaa.
- Akut, jotka ovat vaihtoehtoinen valinta aurinkosähköjärjestelmää. Niiden avulla sähköä saa varastoitua, jos aurinkopaneelit eivät tuota sähköä yöllä tai pilvisenä päivänä.

Kuvassa 4 on havainnollistava esimerkki aurinkosähköilmiöstä. Aurinkosähköjärjestelmä muuttaa auringon säteilyn sähköenergiaksi käyttäen aurinkopaneeleita, jotka ovat valmistettu yleensä piistä. Auringonvalon osuessa paneeliin, se vapauttaa elektroneja ja luo tällöin sähkövirran, jota kutsutaan fotovoltttiseksi ilmiöksi. Aurinkopaneelit kytketään sarjaan tai rinnan ja ne tuottavat tasavirtaa (DC), joka ei kuitenkaan vielä sovellu kodin käyttöön, jolloin se on muunnettava vaihtovirraksi (AC) invertterin avulla. [9.]

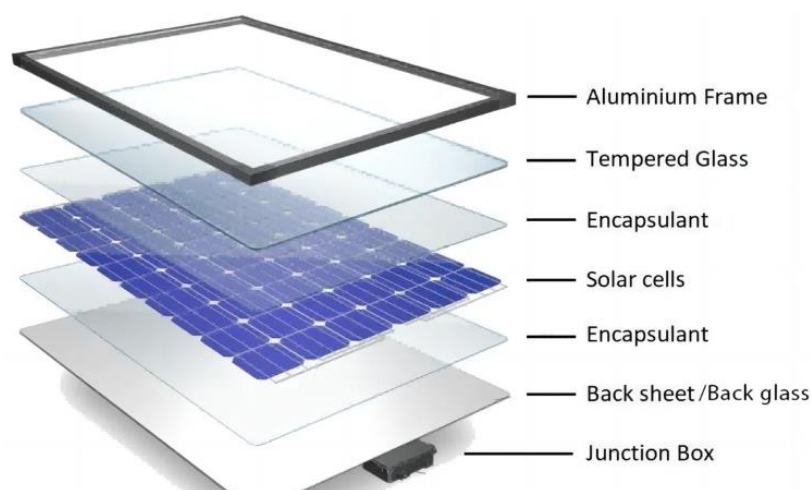
Invertteri voi olla erillinen laite tai integroitu suoraan paneeliin. Erillinen invertteri kytketään useaan aurinkopaneeliin ja paneelikohtainen invertteri mahdollistaa paneelin tehon optimoinnin erikseen. [10.]



Kuva 4. Aurinkosähköilmiö [11.]

4.2.2 Aurinkopaneelin rakenne ja ominaisuudet

Aurinkopaneeli koostuu monista aurinkokennoista, jotka on liitetty yhteen. Jokaisessa kennossa on kaksi kerrosta p-tyyppin ja n-tyyppin puoli-johdetta. Valon osuessa kennoon se saa aikaan sähkövirran, joka kulkee kerroksien välillä. Aurinkopaneelin jokainen komponentti on tärkeä suorituskyvyn kannalta. Kuvaan 5 on esitetty pääkomponentit. [12.]



Kuva 5. Aurinkopaneelin pääkomponentit [12.]

Aurinkopaneeliin kuuluu:

- Kehys
- Lasi
- Kapselointi
- Kennot
- Taustakalvo/taustalevy
- Kytöntäkotelo

Aurinkopaneelin lasi toimii tärkeänä suojana ympäristöolosuhteilta mm. iskuilta, raekuuroilta, kosteudelta, suolahuurulta ja ammoniakilta. Lisäksi lasi auttaa valon keräämisessä, välittämisessä ja heijastumisen vähentämisessä sähköntuotantoon liittyen. [12.]

Kapselointikalvot ovat aurinkopaneelin etulasin ja takakannen välissä ja ne ovat ratkaisevassa osassa aurinkokennojen kiinnittämisessä ja suojaamisessa sillä ne tarjoavat eristävyttä ja vedenpitävyyttä. Kennot ovat aurinkopaneeli sydän, sillä ne muuttavat auringonvalon energiaksi. Taustalevyä/taustakalvoa käytetään aurinkokennomoduulin suojaamiseen valon, kosteuden, lämmön, jäätymisen ja muilta ympäristön aiheuttamilta vaikutuksilta kapselointikalvoon, soluun ja muihin materiaaleihin. Kehys on valmistettu alumiiniseoksesta ja se antaa aurinkopaneelille rakenteellista tukea. Liitäntäkotelo toimii liittimenä aurinkopaneelien ja ulkoisten virtapiirien välillä. Kotelon ansiosta aurinkopaneelien tuottama sähköenergia pystytään siirtämään ulkoisiin virtapiireihin ja varastointijärjestelmiin. [12.]

Aurinkopaneelin käyttöikä noin 30 vuotta. Sen isoina etuina on alhaiset käyttökustannukset. Aurinkoenergia on myös uusiutuvaa energiaa ja tuotanto on CO-vapaata. [13.]

Kotitalouksissa, yrityksissä ja julkisissa rakennuksissa aurinkopaneelista on monia etuja. Kotitalouksissa aurinkopaneelit voivat tuottaa ison osan kotitalouden sähköstä, mikä vähentää sähkölaskua merkittävästi.

Käyttö vähentää myös hiilijalanjälkeä. Yritykset voivat käyttää aurinkopaneeleita hyväksi sähkökustannuksien vähentämiseen ja ympäristövastuunsa täyttämiseen. Aurinkoenergian käyttäminen on myös osoitus vastuullisesta toiminnasta ja sen avulla yritykset voivat erottua kilpailijoistaan. Julkiset rakennukset voivat hyödyntää aurinkopaneelien käyttöä toimimalla esimerkkinä näyttämällä aurinkoenergian käyttämistä tehokkaasti ja ympäristöystävällisesti. [13.]

4.2.3 Ympäristön vaikutus toimintaan

Aurinkopaneelien toimintaan vaikuttavat monet eri tekijät. Tärkeitä asioita ovat esim. paneelien sijoittelu ja suuntaus, koska niiden perusteella määritetään, kuinka paljon auringonvaloa paneelit vastaanottavat. Tärkeää olisi, että paneelit saavat mahdollisimman paljon suoraa auringonvaloa. Paras suuntaus paneeleille on etelään ja 30-45 asteeseen kallistettuna. Tehokkuuteen vaikuttaa paneelien puhtaus, sillä lika, lehdet tai lumi heikentävät niiden kykyä tuottaa sähköä. Myös sääolot, esim. pilvisuus ja lämpötila vaikuttavat aurinkopaneelien toimintaan, liian korkea lämpötila voi alentaa tehokkuutta. Asennuksen pitää olla luja ja turvallinen, jotta paneelit kestävät sään vaihtelut ja tuulen. [14.]

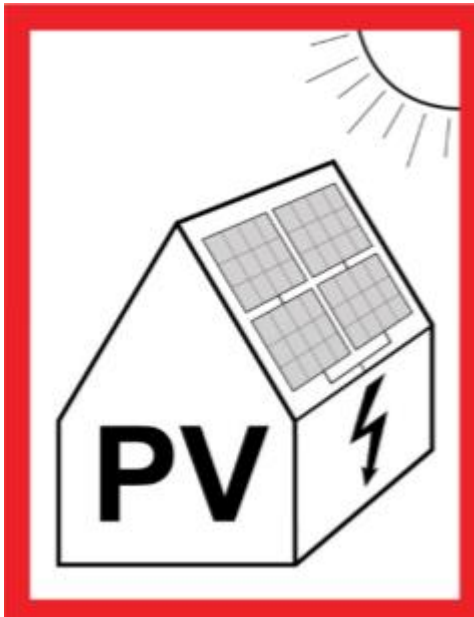
Tärkeää on myös varmistaa kiinteästi asennettujen paneelien sijoittelu, ettei niihin osu varjostuksia. Puut, korkeat rakennukset sekä muut rakenteet aiheuttavat varjostuksia. Aurinkopaneelin kiinnitysjärjestelmiä on saatavilla kaikille kattotyypeille. Paneelit asennetaan samaan ilman-suuntaan ja kallistuskulmaan katon lappeen kanssa. Tasakatonle ilman-suunta ja kallistuskulma voidaan valita vapaasta, sillä paneelit asennetaan erillisiin telineisiin. Suurissa kiinteistöissä aurinkopaneelit voidaan suunnitella osaksi rakennusta tai ne voivat korvata muita julkisivumateriaaleja integroimalla ne rakennuksen seiniin tai kattorakenteisiin. [14.]

4.3 Standardit ja vaatimukset

Aurinkosähköjärjestelmät ovat yleensä ottaen turvallisia, kun seurataan vaadittavia tuote- ja asennusstandardeja. Aina on kuitenkin riski aurinkosähköjärjestelmän aiheuttamasta tulipalosta, vaikka järjestelmä olisi asennettu standardien mukaisesti. Yleisesti aurinkosähköjärjestelmien luullaan tarvitsevan vain vähän kunnossapitoa, mutta tulipalojen ja turvallisuuden takia vähimmäistaso on kriittinen kunnossapidolle. [15.] ST-käsikirjassa 40 on aurinkosähköjärjestelmien suunnitteluun ja toteutukseen liittyviä määräyksiä. SFS 6000-7-712 sisältää valosähköiseen tehonsyöttöjärjestelmään liittyvät standardit ja SFS 607:2019 standardit ja vaatimukset aurinkosähköjärjestelmien suunnitteluun, toteutukseen, käyttöönottoon, dokumentointiin, käyttöön ja ylläpitoon. Uutena standardina on ST 55.32:2025, jossa keskitytään verkkoon kytketyn aurinkosähköjärjestelmän hyödyntämisestä rakennuksissa ja siihen liittyvää suunnittelua ja asennusta. [16.]

Sähköasennuksiin liittyvien standardien lisäksi tulee ottaa huomioon muut ohjeistot järjestelmiin ja paloturvallisuuteen liittyen. Pelastuslaitosten aurinkosähköjärjestelmien paloturvallisuusohje 2023 on kattavin ohjeistus, jossa käsitellään rakenneteknisiä ja paloturvallisuuteen vaikuttavia asioita. [16.]

Kuva 6 on oltava huolto- ja pelastushenkilöstön turvallisuuden takaamiseksi kohteessa, jossa on aurinkosähköjärjestelmä. Merkki täytyy asentaa sähköasennuksen liittymäkohtaan, energian mittauskohtaan sekä sähköpääkeskukseen, jota syötetään aurinkosähköjärjestelmällä. [16.]



Kuva 6. Merkki, joka ilmoittaa rakennuksessa olevasta aurinkosähköjärjestelmästä. [16.]

5 AURINKOVOIMALAN SUUNNITTELU

5.1 Aurinkovoimalan mitoitus

Aurinkopaneelien mitoitus tarkoittaa sitä, kuinka monta aurinkopaneelia tarvitaan, että järjestelmä vastaa energiantarvetta. Oikein mitoitettu järjestelmä ei pelkästään takaa tehokasta energiantuotantoa, vaan maksimoi myös investoinnin tuoton pitkällä aikavälillä. Isoin hyöty aurinkosähköstä saadaan, kun sillä korvataan ostosähköä ja kaikki tuotettu sähköenergia kulutetaan itse. Järjestelmän koko kannattaa säätää niin, että siitä syntyy mahdollisimman vähän ylijäämää. [17.]

Aurinkovoimalan mitoituksessa huomioitavia asioita ovat mm:

- Sähkönkulutus
- Sijainti
- Asennuskulma
- Järjestelmän teho ja kapasiteetti
- Laajennusmahdollisuudet
- Rakennuksen rakenne (varsinkin vanhassa kohteessa)

Aurinkovoimalaan käytettävä keskus rajaa koon, kuinka tehokkaan voimalasta saa. Esimerkiksi jos nykyisen keskuksen koko on 3x125A, saataisiin teoriassa kaavalla $P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$ maksimissaan noin 85kW kokoinen järjestelmä. On kuitenkin otettava huomioon invertterin kapasiteetti sekä järjestelmän muut komponentit, jotka laskevat järjestelmän kokoa. Taulukossa 1 on esitetty aurinkosähkötuotannon liitettävyyden liittymäkokoon verrattuna.

Taulukko 1. Aurinkosähkötuotanto suhteessa liittymäkokoon.

Liittymäkoko	Yksivaiheinen mitoitusoikosulkuvirta I_{k1}	Aurinkosähkötuotannon liitettävyyys yleensä
3x25 A	250 A	11 kW
3x35 A	250 A	11 kW
3x50 A	250 A	11 kW
3x63 A	320 A	14,1 kW
3x80 A	425 A	18,7 kW
3x100 A	580 A	25,5 kW
3x125 A	715 A	31,5 kW
3x160 A	950 A	41,8 kW

Taulukossa 2 on esimerkki invertterin sulakekoon valitsemisesta:

Taulukko 2. Invertterin sulakekoot.

kWp	Invertteri (kVA)	Sulake (A)
30-50	33	63
50-100	66	125
100-150	100	200
150-200	132	250
200-300	200	400
650	466	2x400(1x800)

5.2 Asennuksen suunnittelu ja lähtötiedot

Projektin lähtötiedot vaihtelevat kohteen mukaan, esim. kohteen tehoraajaan liittyviä tekijöitä ovat liittymän syöttökaapelin poikkipinta-ala ja lähimmän jakelumuuntajan etäisyys sekä teho.

Aurinkovoimalan suunnitteluun kuuluu erinäisiä vaiheita, kuten:

- Aurinkopaneelien alustava sijoittelu, kokonaisteho, investointikustannus ja elinkaarilaskelma.
- Energiantuotto verraten kiinteistön sähkönkulutusprofiiliin
- Lappeiden koko, muoto, suuntaus, tuulikuormat ja varjostus
 - Lappeilla sijaitsevat esteet ja rajoitteet

- Lappeen kantavuus, aurinkovoimala tuo noin 1,15-1,2kN/m² lisää massaa katolle
- Invertterien määrä ja sijoitus
 - Johtoreitit aurinkopaneeleilta invertterille ja invertteriltä keskukseen
- Pääkeskuksen sijainti, pääsulakkeen koko
 - Alakeskuksen sijainti, syöttökaapelin ja pääsulakkeen koko

Invertterien tehot vaihtelevat 3kW-150kW välillä ja invertterien määrä valitaan usein esim. paneelikenttien sijainnin, varjostuksen ja järkeväen mitoituksen mukaan. Yleensä paneelikentät jaetaan max. 50kW:n ryhmiin. Invertterin fyysiset mitat ovat keskimäärin:

- (L/K/S) 400-800 / 500-650 / 300-400
- Paino 20kg-100kg

Invertterin suojaetäisyydet vaihtelevat tehon ja valmistajien ohjeiden mukaan. Useimmat mallit voidaan asentaa myös ulos, mutta ei suoraan auringonvaloon.

Invertterin tuottama virta lasketaan alla olevalla kaavalla:

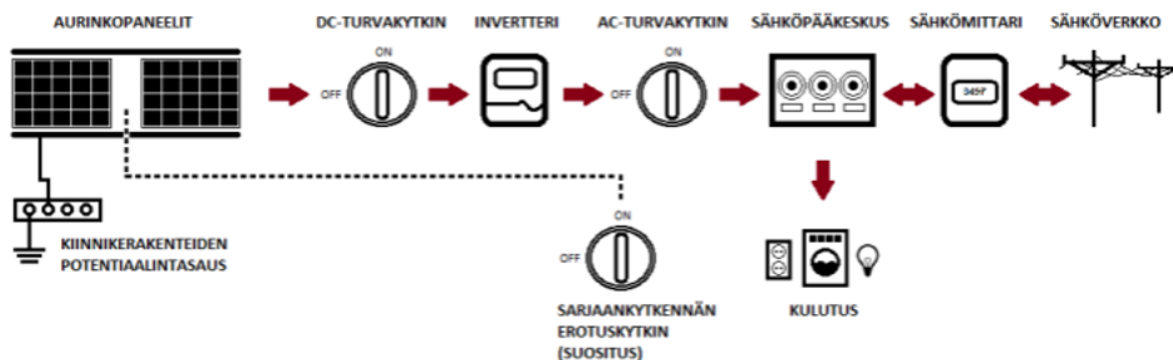
$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times U} \quad (1)$$

jossa

- I on virta
- P on invertterin teho
- U on ulostulojännite

Esimerkiksi 30kW invertteristä saadaan kaavalla 1 43,3A, jonka perusteella voidaan valita 50A sulake ja kaapeli SFS 6000-5-52:2022 standardin mukaan.

Kuvassa 7 näkyy esimerkki aurinkosähköjärjestelmään käytetyistä komponenteista.



Kuva 7. Sähköverkkoon kytketyn aurinkosähköjärjestelmän kokoonpano. [18.]

Aurinkosähköpaneelien metalliset tukirakenteet ja muut runkorakenteet täytyy liittää potentiaalintasaukseen samaan potentiaalin. Potentiaalintasausjohdin tulee kytkeä sille soveltuvaan maadoituskiskoon tai liittimeen. Hätäerotus on tärkeä osa aurinkosähköjärjestelmän turvallisuussuunnittelua, sillä se mahdollistaa järjestelmän erottamisen verkosta tai kuormasta, jolla estetään vaaratilanteet kuten sähköiskut ja tulipalot. [16.]

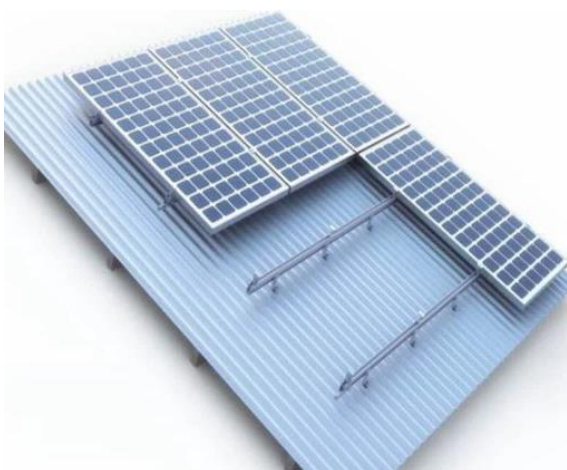
Aurinkopaneelien asennustelineet ovat tärkeitä järjestelmän toimivuuden ja kestävyuden kannalta. Niiden avulla paneelit saadaan turvallisesti kiinnitettyä ja oikeaan kallistuskulmaan. Yleensä käytettyjä materiaaleja ovat alumiini ja ruostumaton teräs, sillä ne ovat kestäviä. Asennustelineen valitsemiseen vaikuttaa monet tekijät, mm. kattotyyppi, paneelien lukumäärä ja niiden suuntaus. Katon materiaali, kulma, kunto sekä alueen sääolosuhteet ovat myös tärkeässä osassa. Tasakatoilla telineet joudutaan säätämään oikeaan kulmaan, mutta muilla kattotyypeillä asennuskulmaa ei tarvitse säätää, sillä se muodostuu katon kaltevuuden mukaan. [19.]

Tasakatolle asennettavat telineet ovat painovoimaisesti aseteltavia tai kevyesti kiinnitettävissä olevia järjestelmiä, jotka eivät läpäise katon pintaa. Telineet ovat vapaasti seisovia tai ne käyttävät ballastia (betonilaattoja) painona. [19.] Kuvassa 8 on esimerkki tasakaton asennuksesta.



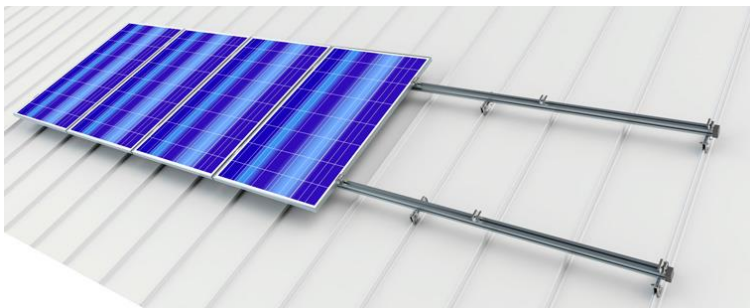
Kuva 8. Tasakattojen asennustelineet [20.]

Harjakatolle asennettavat telineet kiinnitetään suoraan kattorakenteeseen käyttämällä kattokoukkuja tai samantapaisia kiinnikkeitä. Harjakaton telineet seuraavat katon muotoa ja kaltevuutta. [19.] Kuvassa 9 on esimerkki harjakaton asennuksesta.



Kuva 9. Harjakattojen asennustelineet [20.]

Peltikaton telineet kiinnitetään kattoklipsuilla, jotka asennetaan peltikaton saumoihin, jolloin säästetään katon läpivienniltä. [19.] Kuvassa 10 on esimerkki peltikaton asennuksesta.



Kuva 10. Peltikattojen asennustelineet [20.]

Tiilikattojen telineet asennetaan kattokoukuilla, jotka mahtuvat tiilien alle tai niiden väliin kuitenkin vahingoittamatta niitä. [19.] Kuvassa 11 on esimerkki tiilikaton asennuksesta.



Kuva 11. Tiilikattojen asennustelineet [20.]

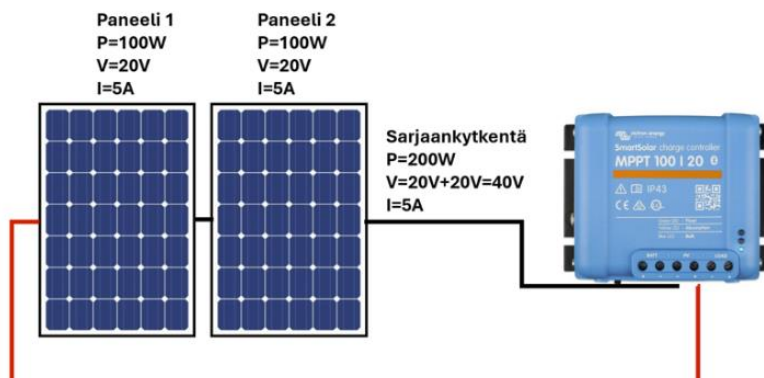
Huopa- ja bitumikatolle asennettavat telineet voivat vaatia katon läpivientä tai painolastien käyttöä. [19.] Kuvassa 12 on esimerkki huopakaton asennuksesta.



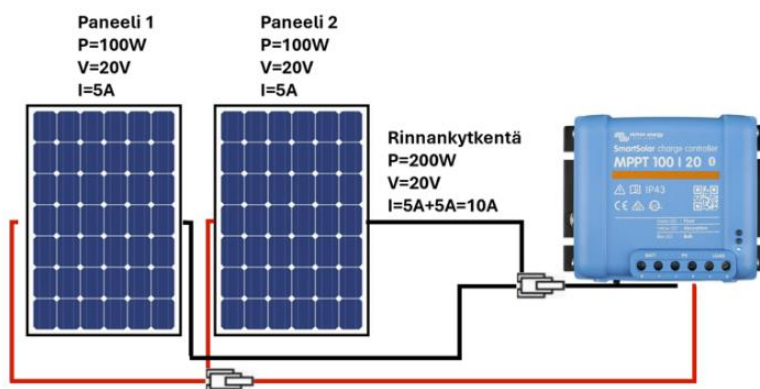
Kuva 12. Huopakattoasennus [20.]

Yleisenä sääntönä on, että jos paneelit ovat samalla suuntauksella ja varjostamattomilla paikoilla, sarjaankytkentä on paras vaihtoehto, sillä jos yksi sarjapiirin aurinkopaneeli vioittuu, koko piiri vioittuu. Jos jännitteen keston raja tulee vastaan tai paneelit ovat eri suuntauksilla, tulee käyttää rinnankytkentää. Paneelien tuottama jännite nousee sarjaan kytkettynä esimerkiksi kaksi 10 V paneelia sarjassa johtaa jännitteen nousun 20 volttiin. Rinnankytkennässä on samoin, mutta jännitteen sijasta virta kasvaa. [21.] Kuvassa 13 on havainnollistava kuva sarjaan- ja rinnankytkennästä.

Sarjaan



Rinnan



Kuva 13. Aurinkopaneelien kytkennät. [21.]

5.3 Investointi ja taloudellinen arviointi

Aurinkovoimalan investointihintaan sisältyy mm:

- Aurinkopaneelit
- Invertteri
- Asennusjärjestelmä
- Asennus ja toimitus
- Dokumentointi ja käyttöönottopöytäkirja

+ sivukulut

- nostotyöt, turvajärjestelmät ja telineet, saavutettavuus, johdotukset, keskustyöt, tuulisuojat, sekä muut lisätyöt.

Aurinkovoimalan järjestelmähinta sesonki 2022 (Alv. 0%)

- 40-100 kWp: 900-1000 €/kWp (750-900 €/kWp)
- 100-200 kWp: 700-900 €/kWp (600-750 €/kWp)

Takaisinmaksuaikaan vaikuttavat mm. investoinnin suuruus, vallitseva korkotaso, sähköenergian hinta, voimalan tuotto ja kunnossapitokulut. Aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuslaskentaan käytin kiinteistön aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuslaskuria (versio 9/2020) [22]. Käytin myös nettipohjaista laskentaohjelmaa Photovoltaic geographical information system (PVGIS) [23]., jolla pystyy katsomaan karkeasti, kuinka paljon on mahdollista saada kuukausittaista tuotantoa sijainnista riippuen, joten pystyin vertaamaan kahta erilaista ohjelmaa keskenään.

Taloudellisen arvioinnin esimerkkikohde on Mustasaaren asennettu järjestelmä toimistorakennukseen. Järjestelmän koko on 80kWp ja paneelien lukumäärä 220 kpl. Järjestelmän hinta 54000 €. PVGIS laskentaohjelman perusteella arvioiduksi tuotannoksi vuodessa tulisi noin 70 kWh/v (Liite 1).

Sähkön keskimääräinen ostohinta oli vuonna 2024 noin 5,8 snt/kWh. Siirtohintana on 4,33 snt/kWh ja vero 2,8 snt/kWh, josta saadaan 7,13 snt/kWh. Tällöin kokonaishinnaksi sähkön ostohinnalle tulee 12,93 snt/kWh. Näillä tiedoilla kannattavuuslaskurin mukaan takaisinmaksuaika olisi 11 vuotta (Liite 2).

5.4 Järjestelmäkaavio sekä Järjestelmän käyttöönotto ja testaus

Järjestelmäkaaviossa esitetään järjestelmän komponentit ja niiden väliset yhteydet. Loin järjestelmäkaavion, jota voidaan käyttää pohjana tulevissa projekteissa. Kaavioon loin myös valmiita blokkeja helpottamaan ja nopeuttamaan työtä.

Järjestelmäkaaviossa esiintyviä komponentteja ovat mm. keskus/keskukset suojauslaitteineen (sulakkeet), joista syötetään järjestelmää, invertteri(t), jotka muuttavat aurinkopaneelien tuottaman tasavirran (DC) vaihtovirraksi (AC), AC ja DC turvakytkimet sekä hätäseis painike katkaisemaan piirin hätätilanteessa tai huoltokäyttöä varten, aurinkopaneelit, jotka muuttavat auringonvalon sähköenergiaksi, kaapelit/ mahdolliset liittimet, joidenka avulla sähkö kulkee eri komponenttien välillä. Sen avulla pystyy ymmärtämään, kuinka aurinkoenergia muuttuu sähköenergiaksi ja kuinka eri komponentit toimivat yhdessä.

Sähköasennusten käyttöönottotarkastuksista säädetään sähköturvallisuuslaissa *1135/2016*. Aurinkovoimaloiden käyttöönotossa ja testauksessa noudatetaan standardeja SFS 6000-6, jossa on vaihtovirtapiireille sisältävät testit ja dokumentoinnit sekä SFS 62446-1, joka sisältää vaatimukset dokumentaatiolle, kunnossapidolle ja testaamiselle. Aurinkosähköjärjestelmän käyttöönottotarkastuspöytäkirja on ST 55.36. [16.]

Aurinkosähköjärjestelmän dokumentaatiolle vähimmäisvaatimuksia ovat: johdotuskaaviot sekä tarkat laitetiedot ja datalehdet järjestelmästä, mekaanisen suunnittelun tiedot (kiinnitysjärjestelmä), hätätilanjärjestelmien dokumentaatio ja käyttöohjeet, käyttö- ja kunnossapito-ohjeet. [16.]

6 YHTEENVETO

Aurinkosähköjärjestelmistä on monia etuja, kuten uusiutuvan energian käyttö, energian säästäminen sekä mahdollisuuden vähentää sähkölaskuja. Ne ovat myös ympäristöystävällisiä, sillä ne vähentävät hiilidioksidipäästöjä ja riippuvuutta fossiilisista polttoaineista. Aurinkoenergian kannattavuus on parantunut huomattavasti viime vuosina, kuitenkin sen kannattavuus voi vaihdella isosti sijainnin, asennuskustannusten sekä energiantarpeen mukaan. On suositeltua tehdä laskelmia ja arvioida omia olosuhteita ennen kuin tekee investointipäätöksen.

Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelusta ja mitoituksesta tein ohjeita, joista voi olla hyötyä järjestelmien suunnittelussa. Aurinkosähköjärjestelmät kehittyvät kuitenkin jatkuvasti, joten uusia tehokkaampia vaihtoehtoja tai menetelmiä voi tulla tulevaisuudessa. Aurinkosähköjärjestelmien lisäksi on hyvä myös miettiä sähkön varastointimahdollisuuksia akuilla, joilla saadaan ylimääräinen energia talteen jatkokäyttöä varten esim. öisin tai pilvisinä päivinä. Akut parantavat tehokkuutta, järjestelmän vakautta sekä varmistavat energian saatavuuden kysynnän mukaan.

LÄHTEET

1. Energiavirasto. (2020.20.kesäkuuta). *Aurinkosähkön kapasiteetti kasvoi yli 100 megawattia vuonna 2021*. Noudettu 21.11.2024 osoitteesta <https://energiavirasto.fi/-/aurinkosahkon-kapasiteetti-kasvoi-suomessa-yli-100-megawattia-vuonna-2021>
2. Wikipedia. (2024). *Sweco*. Noudettu 20.11.2024 osoitteesta <https://en.wikipedia.org/wiki/Sweco>
3. Adriana. (2025). *Aurinkosähköinen aurinkoenergia. Aurinkosähköisen aurinkoenergian alkuperä, kehitys ja kehitys*. <https://fi.renovablesverdes.com/aurinkos%C3%A4hk%C3%B6energian-alkuper%C3%A4-ja-historia/>
4. Wikipedia. (2024). *Aurinkoenergia Suomessa*. Noudettu 13.12.2024 osoitteesta https://fi.wikipedia.org/wiki/Aurinkoenergia_Suomessa
5. Motiva. (2024). *Auringonsäteilyn määrä Suomessa*. Noudettu 12.12.2024 osoitteesta https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringonsateilyn_maara_suomessa
6. Sähköhintaa. (2024). *Aurinkosähköljärjestelmät*. Noudettu 25.11.2024 osoitteesta <https://xn--shknhintaa-q5a2t.fi/aurinkosahkojarjestelmat/>
7. Eroverkosta. (2024). *Aurinkopaneelit. Tietoa aurinkopaneeleista ja aurinkopaneelien valitseminen*. Noudettu 26.2.2025 osoitteesta <https://eroverkosta.com/page/13/aurinkopaneelit>
8. Aurinkomaailma. (2024). *Aurinkosähkö, Millainen on paras aurinkopaneeli*. Noudettu 22.11.2024 osoitteesta <https://aurinkomaailma.fi/paras-aurinkopaneeli/>
9. Sunpaneeli. (2023.9.tammikuuta). *Miten aurinkopaneelit toimii*. Noudettu 2.12.2025 osoitteesta <https://sunpaneeli.fi/miten-aurinkopaneelit-toimii/>

10. Wikipedia. (2024). *Aurinkokenno*. Noudettu 27.11.2024 osoitteesta <https://fi.wikipedia.org/wiki/Aurinkokenno>
11. Jalli, A. (2024). Nodesk. *Miten aurinkopaneeli toimii*. Noudettu 2.12.2024 osoitteesta [Miten aurinkopaneeli toimii? - Nodesk](#)
12. Maysun Solar. (2024.04.tammikuuta). *Aurinkopaneelien rakenne: Aurinkopaneelit: 6 keskeistä komponenttia*. Noudettu 10.12.2024 osoitteesta <https://www.solarpanelsfi.com/blog/aurinkopaneelien-rakenne-aurinkopaneelit-6-keskeista-komponenttia>
13. Sunpaneeli. (2023.01.syyskuuta). *Mitä ovat aurinkopaneelit*. Noudettu 10.12.2024 osoitteesta <https://sunpaneeli.fi/mita-ovat-aurinkopaneelit/>
14. Motiva. (2023). *Aurinkopaneelin asentaminen*. Noudettu 12.12.2024 osoitteesta <https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva-energia/aurinkosahko/hankinta-ja-asennus/aurinkopaneelin-asentaminen>
15. Sirviö, A. (2021). *Aurinkosähkön teknisiä vaatimuksia ja standardeja*. Noudettu 5.12.2024 osoitteesta https://www.sil.fi/site/assets/files/3828/sahko-paiva_190821_arto_sirvio.pdf
16. SFS 6000-7-712:2022. *Aurinkosähköjärjestelmät. Erikoistilojen ja – asennusten vaatimukset*. 2022. Suomen standardoimisliitto SFS ry
17. Sons of Solar. (2024). *Aurinkopaneelit. Aurinkopaneelien mitoitus-Mitä ottaa huomioon*. Noudettu 25.2.2025 osoitteesta <https://sonsofsolar.fi/aurinkopaneelien-mitoitus-mita-ottaa-huomioon/>
18. Pelastuslaitosten kumppanuusverkosto. 2024. *Aurinkosähköjärjestelmien paloturvallisuusohje*. Viitattu 26.3.2025. Saatavilla: https://pelastuslaitokset.fi/sites/default/files/2024-11/Aurinkos%C3%A4hk%C3%B6j%C3%A4rjestelmien_paloturvallisuusohje_%20S_13062024.pdf

19. Solle. (2024). Aurinkopaneelit. *Aurinkopaneelien asennusteline*. Noudettu 10.3.2025 saatavilla: <https://solle.fi/aurinkopaneelien-asennusteline/>
20. Google kuvahaku. 2025. *Aurinkopaneelien asennustelineet*. Viitattu 10.3.2025.
21. Shielden. (2024). Aurinkopaneelit. *Aurinkopaneelit sarjassa vs rinnan*. Viitattu 10.3.2025. Saatavilla: <https://fi.shieldenchannel.com/blogs/solar-panels/solar-panels-in-series-vs-parallel>
22. Suomen ympäristökeskus. (2024). *Aurinkosähkön kannattavuuslaskuri kuntakohteille*. Viitattu 5.3.2025 Saatavilla: <https://www.syke.fi/fi/ymparistotieto/laskurit-ja-tyokalut#aurinkos%C3%A4hk%C3%B6n-kannattavuuslaskuri-kuntakohteille>
23. Photovoltaic geographical information system (PVGIS). (2024). Verkkoaineisto. Viitattu 25.2.2025. Saatavilla: <https://visitors-centre.jrc.ec.europa.eu/en/media/tools/photovoltaic-geographical-information-system>

LIITE 2

1(2)

Kiinteistön aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuslaskuri**Tiedot kiinteistön ostosähkön kustannuksista (aurinkosähköjärjestelmän vertailukustannukset):**

Sähköenergian ostohinta	5,8	snt/kWh
Energiaperusteinen sähkön siirtohint	4,3	snt/kWh
Sähkövero ja huoltovarmuusmaksu	2,800	snt/kWh
Ostosähkön arvonlisävero	0 %	
<i>Välitullos: aurinkosähkön vertailuhinta eli aurinkosähkön</i>	12,9	snt/kWh
Arvio ostosähkön hinnan noususta %/v	2,0%	/vuosi

Tiedot hankittavasta aurinkosähköjärjestelmästä:

Aurinkosähköjärjestelmän koko tehona kWp	80,0	kWp
<i>Välitullos: järjestelmän koko paneelien pinta-alana noin m²</i>	374,65565	neliometriä
Aurinkosähkön vuosituotto järjestelmän sijainnin mukaan	70	kWh/kWp
<i>Välitullos: aurinkosähköjärjestelmän vuosituotto alussa</i>	5600	kWh
Aurinkovoimalan vuosittainen sähköntuotannon vähenemä %/v	-0,5%	%
Aurinkosähkön ylijäämän osuus % vuosituotannosta	10 %	
Aurinkosähkön ylijäämän myyntihinta verkkoon snt/kWh	5,8	snt/kWh

Tiedot aurinkosähköjärjestelmän hankinta-, ylläpito- sekä rahoituskustannuksista:

Aurinkosähköjärjestelmän avaimet käteen -investointikustannus €	€54 000	euroa
<i>Välitullos: Järjestelmän vertailuhinta ilman tukia</i>	675 €	euroa/kWp
Mahdollinen investointituki, kotitalousvähennys tms.	20 %	
Oma mainos-, brändi- tai ympäristötuki investoinnille €	€0	euroa
<i>Välitullos: Järjestelmän investointikustannus sisältäen mahdolliset</i>	43 200 €	euroa
Lainan tai ulkopuolisen rahoituksen määrä	€14 400	
Laina-aika tai rahoitussopimuksen pituus	10	vuotta
Lainan tai rahoituksen korko	1,5%	
<i>Välitullos: Lainan tai ulkopuolisen rahoituksen maksuerät/vuosi</i>	€1 440,0	euroa/vuotta
Investoinnin tuottovaatimus	0,0%	
Invertterin vaihdon kustannus, osuus alkuiinvestoinnista. Oletettu	8 %	
Vuotuiset ylläpitokulut (vakuutukset, huolto tms. kulut)	€100	euroa

[6.]

LIITE 2

2(2)

Kiinteistön aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuslaskuri

Aurinkosähkön kustannus- ja tuotolaskelmat järjestelmän elinkaaren aikana:

Aurinkosähköjärjestelmän pitoaikavuosi	Aurinkosähkön järjestelmä		Aurinkosähkön investointi		Aurinkosähkön tuotantokustannukset		Aurinkosähkön viijäämän myyntituotot		Aurinkosähkön tuotto- ja talouslaskelmat				
	Aurinkosähkön tuotanto kWh/v	Aurinkosähkön hankintakustannus eur/kWh	Aurinkosähkön investointi	Aurinkosähkön tuotannon kertamaksu tai lainaerät	Rahoituksen korkokulut eur/v	Ylläpito- ja huoltokulut eur/v	Aurinkosähkön viijäämän myyntihinta eur/kWh	Aurinkosähkön viijäämän myyntituotot eur/v	Aurinkosähkön tuotannon arvo yhteensä	Kassavirta euv	Investointien kumulatiivinen tuotto euv/v	Investoinnin nettonykyarvo ja (NPV) laskentakoroll	Takaisinmaksu- u- vuodet
1	5600	0,13 €	€724,1	€1 440	€215,9	€100,0	€0,06	€32,5	€684,2	-€972	-€972	-€972	1
2	5572	0,13 €	€734,9	€1 440	€172,8	€100,0	€0,06	€33,0	€694,3	-€1 018	-€1 990	-€1 018	1
3	5544	0,13 €	€745,8	€1 440	€151,2	€100,0	€0,06	€33,5	€704,7	-€987	-€2 977	-€987	1
4	5516	0,14 €	€756,9	€1 440	€129,6	€100,0	€0,06	€34,0	€715,2	-€954	-€3 931	-€954	1
5	5489	0,14 €	€768,2	€1 440	€108,0	€100,0	€0,06	€34,5	€725,8	-€922	-€4 853	-€922	1
6	5461	0,14 €	€779,7	€1 440	€86,4	€100,0	€0,06	€35,0	€736,7	-€890	-€5 743	-€890	1
7	5434	0,15 €	€791,3	€1 440	€64,8	€100,0	€0,07	€35,5	€747,6	-€857	-€6 600	-€857	1
8	5407	0,15 €	€803,1	€1 440	€43,2	€100,0	€0,07	€36,0	€758,8	-€824	-€7 425	-€824	1
9	5380	0,15 €	€815,0	€1 440	€21,6	€100,0	€0,07	€36,6	€770,1	-€792	-€8 216	-€792	1
10	5352	0,15 €	€827,2	€1 440	€0,0	€100,0	€0,07	€37,1	€781,6	-€758	-€8 974	-€758	1
11	5326	0,16 €	€839,5		€0,0	€100,0	€0,07	€37,7	€793,2	€693	-€8 281	€693	0
12	5300	0,16 €	€852,0		€0,0	€100,0	€0,07	€38,2	€805,0	€705	-€7 576	€705	0
13	5273	0,16 €	€864,7		€0,0	€100,0	€0,07	€38,8	€817,0	€717	-€6 859	€717	0
14	5247	0,17 €	€877,6		€0,0	€100,0	€0,08	€39,4	€829,2	€729	-€6 130	€729	0
15	5220	0,17 €	€890,7		€0,0	€3 356,0	€0,08	€40,0	€841,5	-€2 514	-€8 645	-€2 514	1
16	5194	0,17 €	€903,9		€0,0	€100,0	€0,08	€40,5	€854,1	€754	-€7 890	€754	0
17	5168	0,18 €	€917,4		€0,0	€100,0	€0,08	€41,2	€866,8	€767	-€7 124	€767	0
18	5143	0,18 €	€931,1		€0,0	€100,0	€0,08	€41,8	€879,7	€780	-€6 344	€780	0
19	5117	0,18 €	€944,9		€0,0	€100,0	€0,08	€42,4	€892,8	€793	-€5 551	€793	0
20	5091	0,19 €	€959,0		€0,0	€100,0	€0,08	€43,0	€906,1	€806	-€4 745	€806	0
21	5066	0,19 €	€973,3		€0,0	€100,0	€0,09	€43,7	€919,6	€820	-€3 925	€820	0
22	5040	0,20 €	€987,8		€0,0	€100,0	€0,09	€44,3	€933,3	€833	-€3 092	€833	0
23	5015	0,20 €	€1 002,5		€0,0	€100,0	€0,09	€45,0	€947,2	€847	-€2 245	€847	0
24	4990	0,20 €	€1 017,5		€0,0	€100,0	€0,09	€45,6	€961,4	€861	-€1 383	€861	0
25	4965	0,21 €	€1 032,6		€0,0	€100,0	€0,09	€46,3	€975,7	€876	-€508	€876	0
26	4940	0,21 €	€1 048,0		€0,0	€100,0	€0,10	€47,0	€990,2	€890	€383	€890	0
27	4916	0,22 €	€1 063,6		€0,0	€100,0	€0,10	€47,7	€1 005,0	€905	€1 288	€905	0
28	4891	0,22 €	€1 079,5		€0,0	€100,0	€0,10	€48,4	€1 020,0	€920	€2 208	€920	0
29	4867	0,23 €	€1 095,6		€0,0	€100,0	€0,10	€49,1	€1 035,2	€935	€3 143	€935	0
30	4842	0,23 €	€1 111,9		€0,0	€100,0	€0,10	€49,9	€1 050,6	€951	€4 093	€951	0
YHTEENSÄ	156370		€27 139		€993,5	€6 156,0		€1 217,4	€25 642,7				11

Yhteenveto: investoinnin tuotto- ja kannattavuuslaskelmat
Investoinnin nettonykyarvo 30 vuoden käyttöiällä **951 €** euroa
Takaisinmaksuaika laskentakorolla **11** vuotta

[6.]

LIITE 3

1(1)

Aurinkosähköjärjestelmän järjestelmäkaavio (salassa pidettävä)