
AURINKOPANEELIEN KIINNITYS ERI KATTO- JA SEINÄMATERIAALEIHIN



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Tuotekehityksen koulutusohjelma

Riihimäki, 20.11.2012

Reko Nissinen



RIIHIMÄKI
Tuotekehityksen koulutusohjelma

Tekijä	Reko Nissinen	Vuosi 2012
Työn nimi	Aurinkopaneelien kiinnitys eri katto- ja seinämateriaaleihin	

TIIVISTELMÄ

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan aurinkopaneelien ja -keräimien kiinnitystä erilaisiin kattoihin ja seiniin. Työn toimeksiantajana on YIT Rakennus Oy. Työ on luonteeltaan selvitystyö, jonka tavoitteena on selvittää aurinkopaneelien asennukseen ja sen suunnitteluun vaikuttavia tekijöitä. Lopuksi esitellään muutama olemassa oleva asennusratkaisu.

Työn taustalla ovat kiristyvät energiamääräykset. Rakennusalan yritysten on mietittävä keinoja rakennusten energiatehokkuuden parantamiseksi. Rakennusten energiatehokkuus on myös tärkeä imagokysymys rakennusalan yrityksille. Aurinkopaneelit ja -keräimet ovat yksi tapa tuottaa omavaraista energiaa, jolloin rakennuksen energiatehokkuusluokitusta saadaan parannettua.

Yleistä tietoa aurinkoenergiasta ja aurinkopaneelien suuntaamisesta löytyi erittäin hyvin ja tietoa erilaisista katto- ja seinärakenteista melko hyvin. Työhön saatiin materiaalia myös YIT:ltä.

Työssä selvisi, että aurinkopaneelien asennus on usein kaikille kattomateriaaleille samanlainen lukuun ottamatta kattokiinnitysosaa. Kiinnitysosien päälle tulee yleensä asennuskiskot, joihin paneeli tai keräin kiinnitetään. Kiinnitysosaa on erilainen riippuen katosta. Seinäkiinnityksessä ainoastaan ruuvit ja proput ovat erilaisia riippuen seinän materiaalista. Betoni- ja tiiliseinään löytyi hyvin ratkaisuja, mutta rapattu seinä vaatii lisää selvitystä.

Avainsanat Uusiutuva energia
Energiatehokkuus
Aurinkopaneeli
Aurinkokeräin

Sivut 56 s. + liitteet 7 s.



HAMK University of Applied Sciences
Product development

Author	Reko Nissinen	Year 2012
Subject of Bachelor's thesis	Solar panel mounting on different roof and wall materials	

ABSTRACT

The subject of this thesis is "Solar panel mounting on different roof and wall materials". The commissioner of this thesis is YIT Construction Ltd. The aim of this thesis was to study the issues that need to be established prior to starting the planning of the introduction of solar panels. Some mounting solutions are presented at the end of the thesis.

This thesis is important because energy regulations are becoming tighter in the future and which forces construction companies to figure out new ways to make buildings more energy efficient. Solar panels are one way to produce self-sufficient energy and make the energy efficiency better.

Basic material and information were readily available on solar energy and solar panels as well as different roof and wall material and structures. Some of the material for this thesis was also obtained from YIT.

During the work it was established that roof mounting is pretty much the same for every roof material. Only the fastener part is different in the mounting system. In wall mounting only the screw and the plug are different on brick and concrete walls. The mounting on roughcast walls needs more study.

Keywords Renewable energy
Energy efficiency
Solar panel
Solar collector

Pages 56 p. + appendices 7 p.



SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	YLEISTÄ AURINKOENERGIASTA.....	2
2.1	Auringon säteily.....	2
2.1.1	Maahan tuleva säteily.....	2
2.1.2	Säteily Suomessa.....	3
2.2	Aurinkokeräimet.....	5
2.2.1	Toimintaperiaate.....	5
2.2.2	Erilaiset aurinkokeräimet.....	6
2.2.3	Hyötysuhde ja tehoon vaikuttavat tekijät.....	8
2.3	Aurinkopaneelit.....	8
2.3.1	Toimintaperiaate.....	9
2.3.2	Erilaiset aurinkopaneelit.....	9
2.3.3	Hyötysuhde ja tehoon vaikuttavat tekijät.....	10
2.4	Asennuskulma ja -suunta.....	12
2.4.1	Aurinkopaneeli.....	12
2.4.2	Aurinkokeräin.....	13
2.5	Aurinkoenergian potentiaali.....	14
3	ERILAISET KATTO- JA SEINÄRAKENTEET.....	17
3.1	Katot.....	17
3.1.1	Loivat katot.....	17
3.1.2	Jyrkät katot.....	18
3.2	Seinät.....	19
3.2.1	Betonisandwich-elementti.....	19
3.2.2	Massiiviseinät.....	20
3.2.3	Puurunkoseinät.....	21
4	SUUNNITTELUN JA ASENNUKSEN VAATIMUKSET.....	22
4.1	Tehokkuus.....	22
4.2	Mitoitus.....	22
4.2.1	Aurinkosähkö.....	24
4.2.2	Aurinkolämpö.....	24
4.3	Kestävyys ja turvallisuus.....	25
4.4	Ulkonäkö.....	25
4.5	Huoltomahdollisuus.....	26
5	ASENNUSRATKAISUT.....	27
5.1	Asennus tiilikatolle.....	27
5.1.1	Vaaka- ja pystyrivit.....	27
5.1.2	Kattoon integroitu aurinkokeräin.....	32
5.1.3	Keräimen asennus 45° jalustoille.....	38

5.2	Asennus peltikatolle	40
5.3	Asennus huopakatolle	42
5.4	Seinäasennus	45
5.4.1	KSH aurinkokeräimen asennus	45
5.4.2	Seinään kiinnittäminen	50
5.5	Muut ratkaisut	53
5.5.1	Ruukki Liberta Solar julkisivukasetti	53
6	ASENNUSRATKAISUJEN VERTAILUA	55
7	YHTEENVETO	56
	LÄHTEET	57

Liite 1	YIT:N RAKENNEKUVA TASAKATTO
Liite 2	YIT:N RAKENNEKUVA HARJAKATTO
Liite 3	YIT:N RAKENNEKUVA, ULKOSEINÄ 1
Liite 4	YIT:N RAKENNEKUVA, ULKOSEINÄ 2
Liite 5	YIT:N RAKENNEKUVA, ULKOSEINÄ 3
Liite 6	AURINKOPANEELIEN- JA KERÄINTEN TARVE HELSINGISSÄ
Liite 7	AURINKOPANEELIEN- JA KERÄINTEN TARVE OULUSSA



1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana on YIT Rakennus Oy. Työn tavoitteena on löytää ratkaisuja aurinkopaneelien ja -keräinten asennukseen eri katto- ja seinämateriaaleille.

Vaatimukset rakennusten energiatehokkuudesta kiristyvät koko ajan. Tästä syystä täytyy miettiä erilaisia tapoja vähentää turhaa sähkönkulutusta ja tuottaa omavaraista energiaa. Aurinkopaneelit ja -keräimet ovat yksi mahdollinen ratkaisu, jolla rakennuksen katto- ja julkisivualue olisi mahdollista hyödyntää energian tuottamiseen.

YIT:llä rakennusten suunnittelun kehitys on mennyt siihen suuntaan, että aurinkoenergian hyödyntämistä mietitään lähes joka kohteessa. Tästä työstä on tarkoitus saada yhteenveto, jossa kerrotaan yleisesti aurinkoenergiasta, katto- ja seinärakenteista ja materiaaleista. Työssä selvitetään vaatimuksia, joita esiintyy aurinkoenergiajärjestelmää suunniteltaessa ja asennettaessa. Lopuksi kerrotaan olemassa olevista asennusratkaisuista näihin rakenteisiin ja materiaaleihin. Tämä työ on osana YIT:n projektia, jossa selvitetään aurinkoenergian hyödyntämistä asuinkerrostaloissa.

Haluan kiittää YIT:tä ja etenkin ohjaajaani Tero Karislahtea tästä mahdollisuudesta opinnäytetyön tekoon. Myös ohjaava opettajani Antti Simpura ansaitsee kiitokset hyvästä opastamisesta opinnäytetyön teossa.

2 YLEISTÄ AURINKOENERGIASTA

Aurinkoenergialla tarkoitetaan auringosta tulevan säteilyn hyödyntämistä sähkö- ja lämpöenergian tuottamiseen. Sähköenergia otetaan talteen aurinkopaneeleissa tapahtuvan valosähköisen ilmiön avulla. Lämpöenergia voidaan ottaa talteen kahdella tavalla: passiivisesti ja aktiivisesti. Passiiviseen lämmön talteenottoon ei tarvita erillistä laitetta, vaan auringon säteily hyödynnetään isojen ikkunoiden tai lämpöä varastoivien rakennusmateriaalien avulla. Aktiivinen lämmöntalteenotto tapahtuu aurinkokeräimen avulla. Aurinkokeräimistä ja aurinkopaneeleista kerrotaan lisää kohdissa 2.2 ja 2.3. (Motiva Oy; Aurinkoenergia.fi.)

2.1 Auringon säteily

Aurinko tuottaa energiaa fuusioreaktion avulla. Reaktiossa vetyatomien ytimet yhdistyvät heliumytimiksi, jolloin vapautuu energiaa. Vapautuva energia säteilee avaruuteen sähkömagneettisena säteilynä. Sähkömagneettinen säteily koostuu ultraviolettisäteilystä, näkyvästä valosta ja infrapunasäteilystä. Ultraviolettisäteilyn osuus auringon säteilemästä spektristä on pieni verrattuna näkyvään valoon ja infrapunasäteilyyn. Tästä johtuen aurinkopaneeleissa hyödynnetään suurimmaksi osaksi näkyvän valon ja infrapunasäteilyn aallonpituuksia. (Energiateollisuus ry.)

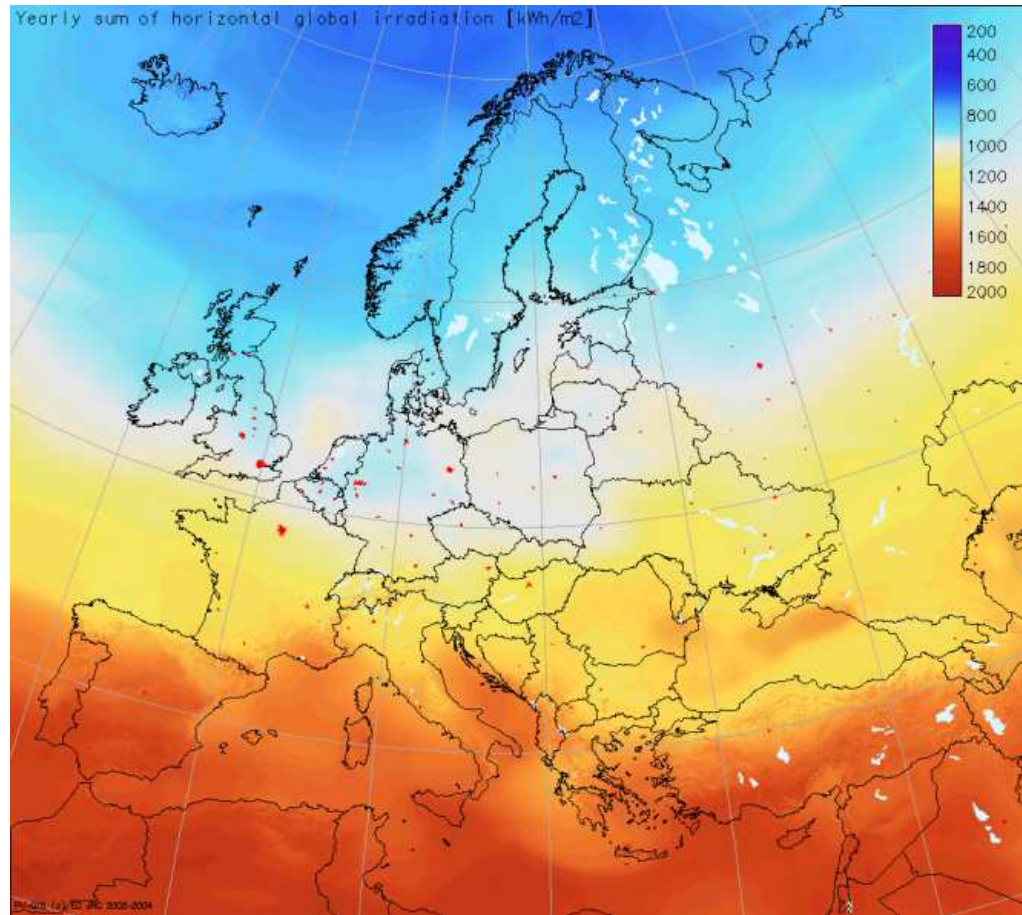
2.1.1 Maahan tuleva säteily

Maan ilmakehän yläosaan tulevan säteilyn voimakkuus on noin 1368 W/m². Tästä säteilystä keskimäärin vain 1000 W/m² pääsee maanpinnalle asti. Tämä johtuu siitä, että ilmakehässä olevat kaasut, kuten hiilidioksidi, happi ja vesihöyry absorboivat säteilyä. Paikalliset sääolosuhteet vaikuttavat maahan asti pääsevän säteilyn määrään. Luonnollisesti pilvisenä päivänä säteilyn määrä on vähäisempää kuin selkeänä päivänä. Pilvisenä päivänä 100 % maahan tulevasta säteilystä on niin sanottua hajasäteilyä. Hajasäteilyllä tarkoitetaan esimerkiksi pilvistä siroavaa säteilyä. (Suntekno, 2010.)

Auringon säteilyn voimakkuus vaihtelee vuoden- ja vuorokaudenajan mukaan. Eniten säteilyä vuositasolla saadaan päiväntasaajan lähellä, koska siellä aurinko paistaa suurimman osan päivästä korkealta. Mitä korkeammalta aurinko paistaa, sitä lyhyemmän matkan säteet kulkevat ilmakehässä. Jos säteily kulkee pitkän matkan ilmakehässä, niin suurempi osa siitä absorboituu ilmakehän kaasuihin. Samasta syystä auringon säteily on voimakkainta keskipäivällä. Mitä kauemmaksi päiväntasaajasta mennään, sitä vähemmän säteilyä maahan pääsee. Tietenkin paikalliset ilmasto-olosuhteet vaikuttavat asiaan. (Suntekno, 2010.)

Aurinkopaneelien kiinnitys eri katto- ja seinämateriaaleihin

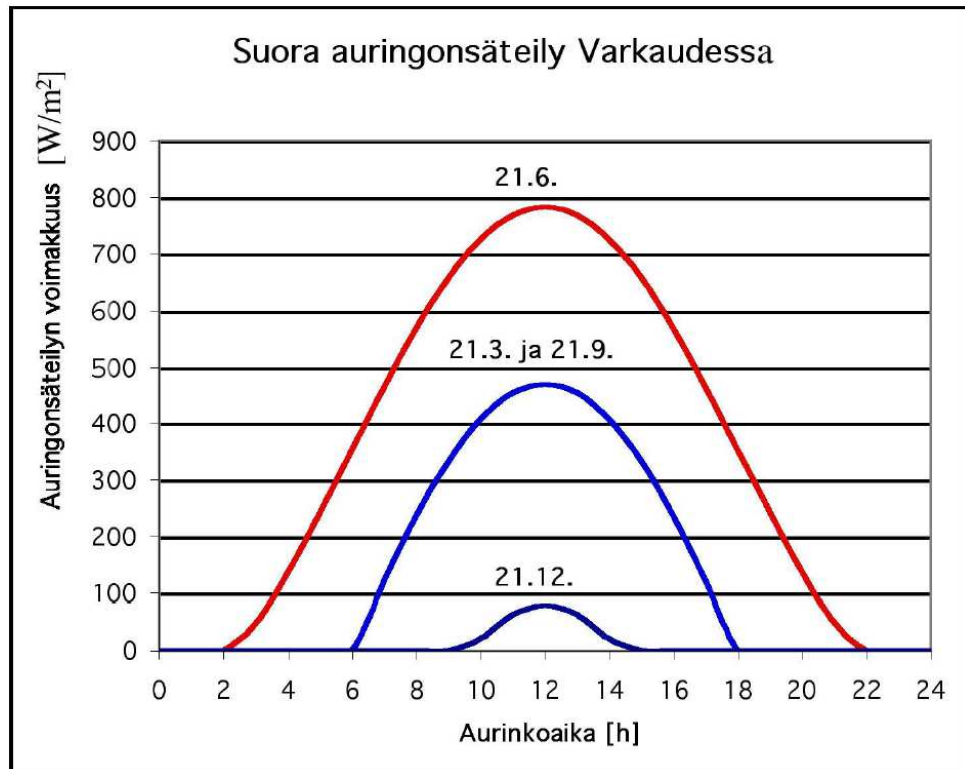
Alla olevassa kuvassa on esitetty maahan asti vaakasuoralle pinnalle tuleva vuosittainen säteilyn määrä Euroopassa. Kuvasta huomaa, että säteilyn määrä vaihtelee 1000 kWh/m² molemmin puolin. Pohjoismaissa säteily on 800-1000 kWh/m², kun taas Välimeren alueella se on noin 1600 kWh/m².



Kuva 1. Vuosittainen säteily Euroopassa. kWh/m² (Blogi.foreca).

2.1.2 Säteily Suomessa

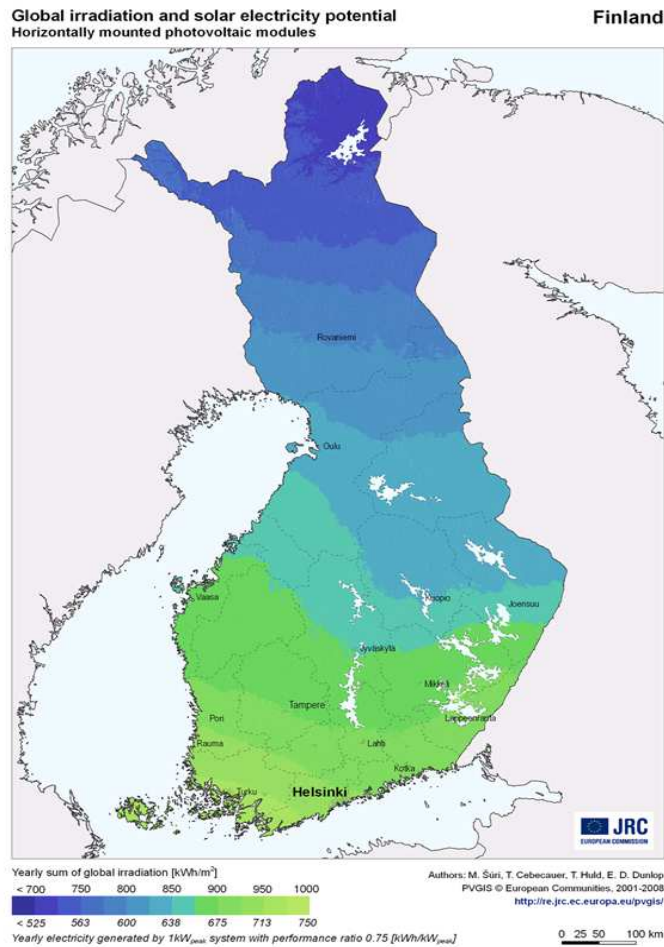
Suomi sijaitsee kaukana päiväntasaajasta, joten vuodenaikojen vaikutus säteilyn määrään on suuri. Keskikesällä aurinko paistaa lähes koko vuorokauden, mutta keskitalvella auringon säteilyä ei saada juuri ollenkaan. Kuvasta 2 näkee, kuinka säteilyn määrä vaihtelee eri vuoden- ja vuorokaudenaikoina Varkaudessa.



Kuva 2. Auringon säteily Varkaudessa eri vuodenaikoina (Suntekno, 2010).

Suomi on pohjois-eteläsuunnassa pitkä maa, joten säteilyn määrä vaihtelee melko paljon eri puolilla Suomea. Eniten säteilyä saadaan etelä- ja länsirannikolla. Tämä johtuu siitä, että pilvet ovat yleisempiä sisämaassa kuin rannikolla. (Suntekno, 2010.)

Kuvan 3 kartassa on esitetty vuosittaisen auringon säteilyn jakautuminen vaakasuoralle pinnalle eripuolilla Suomea. Kartan mukaan Helsingissä vuosittainen säteilyn määrä on noin 950 kWh/m^2 . Rovaniemen korkeudella vastaava luku on noin 800 kWh/m^2 .



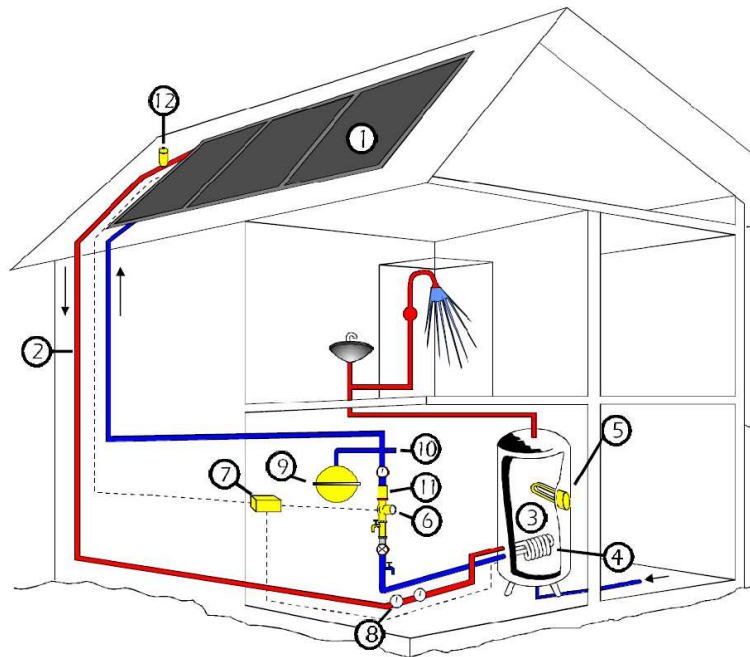
Kuva 3. Vaakasuoralle pinnalle tuleva vuosittainen säteilyn määrä Suomessa (Genergia Ky, Aurinkoenergia Suomessa).

2.2 Aurinkokeräimet

Aurinkokeräin on aurinkolämpöjärjestelmässä se osa, joka kerää auringon säteilemän lämmön. Seuraavassa kappaleessa esitetään aurinkolämpöjärjestelmän toimintaperiaate.

2.2.1 Toimintaperiaate

Aurinkolämpöjärjestelmän toiminta perustuu sananmukaisesti auringon säteilemään lämpöön. Aurinko lämmittää aurinkokeräimen tummaa pintaa, josta lämpö siirtyy putkissa kulkevaan nesteeseen. Lämmennyt neste kuljetetaan lämminvesivaraajalle, jossa sen lämpö siirtyy varaajassa olevaan veteen. Tällöin auringosta saatua lämpöä voidaan käyttää esimerkiksi suihkuveden lämmitykseen tai lattialämmitykseen. Kuvassa 4 on esitelty aurinkosähköjärjestelmän toimintaperiaate ja osat. (Solpros Ay, 2006.)

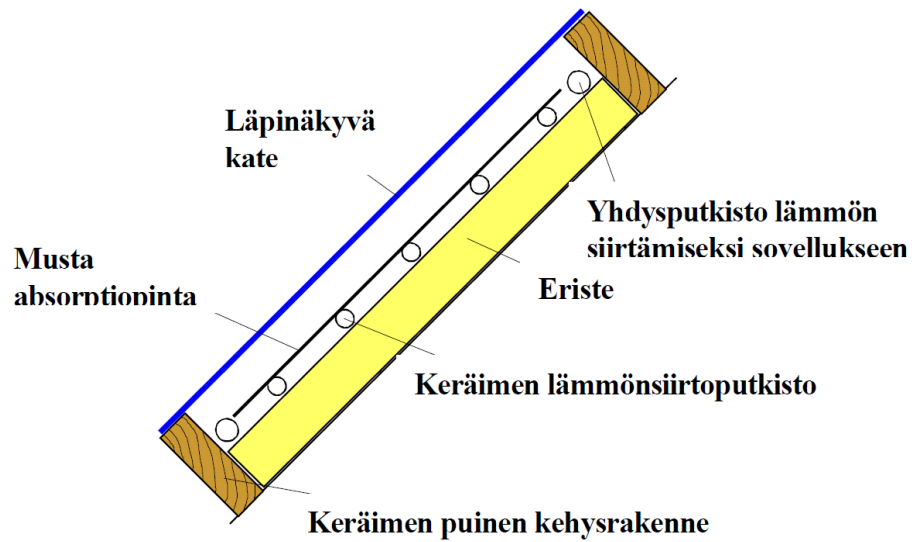


Kuva 4. Aurinkokeräimen osat (Solpros Ay, 2006).

1. Aurinkokeräin
2. Putkisto
3. Lämminvesivaraaja
4. Lämmönvaihdin (putkiston vesi luovuttaa lämpönsä varaajan veteen)
5. Lämpövastus (varmistaa lämpimän veden saannin pilvisinä päivinä)
6. Pumppu (viileä vesi pumpataan aurinkokeräimelle)
7. Säätyyksikkö (käynnistää pumpun, kun keräimen lämpötila on suurempi kuin varaajan lämpötila)
8. Mittarit
9. Paisunta-astia (Veden tilavuus muuttuu lämpötilojen muuttuessa, paisunta-astia pitää putkiston paineen tasaisena.)
10. Ylipaineventtiili (päästää putkiston nestettä ulos, jos paine kasvaa liikaa)
11. Yksisuuntaventtiili (estää käänteisen kierron ja lämmön virtaamisen keräimiin kun pumppu ei ole käynnissä). (Solpros Ay, 2006.)

2.2.2 Erilaiset aurinkokeräimet

Aurinkokeräimiä on erilaisia. Yleisimmin käytetyt keräintyytit ovat taso- ja tyhjiöputkikeräimet. Tasokeräimen etuina ovat sen yksinkertaisuus ja edullinen hinta verrattuna tyhjiöputkikeräimeen. Kuvassa 5 on esitetty tasokeräimen rakenne.



Kuva 5. Tasokeräimen rakenne (Solpros Ay, 2000).

Tyhjiöputkikeräin eroaa tasokeräimestä siten, että absorptiopinnan ja läpinäkyvän katteen välissä on tyhjiö. Tällöin auringon säteilemä lämpö pääsee absorptiopinnalle, mutta tyhjiö estää lämpöä johtumasta pois pinnalta. Tällä tavalla keräimelle saadaan suurempi hyötysuhde. Alla olevissa kuvissa 6 ja 7 näkyy eri keräintyyppien ulkonäkö. (JVT-Energia.)



Kuva 6. Tasokeräin (Aurinkotukku).



Kuva 7. Tyhjiöputkikeräin (Profil).

2.2.3 Hyötysuhde ja tehoon vaikuttavat tekijät

Aurinkokeräimen hyötysuhde on keräintyyppistä riippuen 35-85 %. Tasokeräimellä hyötysuhde on enimmillään 75 % ja tyhjiöputkikeräimellä 85 %. (Wikipedia.)

Lämmönsiirtoputkiston pituudella on merkitystä järjestelmän tehon kannalta. Mitä lyhyempi putkisto on, sitä vähemmän lämpöhäviötä tapahtuu veden kulkiessa keräimeltä lämminvesivaraajaan. Myös keräimen ja varaajan välinen korkeusero vaikuttaa tehoon. Mitä suurempi korkeusero on, sitä enemmän pumppu tarvitsee energiaa pitäessään putkiston veden liikkeessä. Asennuskulma ja -suunta ovat kuitenkin tärkeimmät tekijät saatavan energian määrän kannalta. Asennussuunnasta kerrotaan lisää kohdassa 2.4.2.

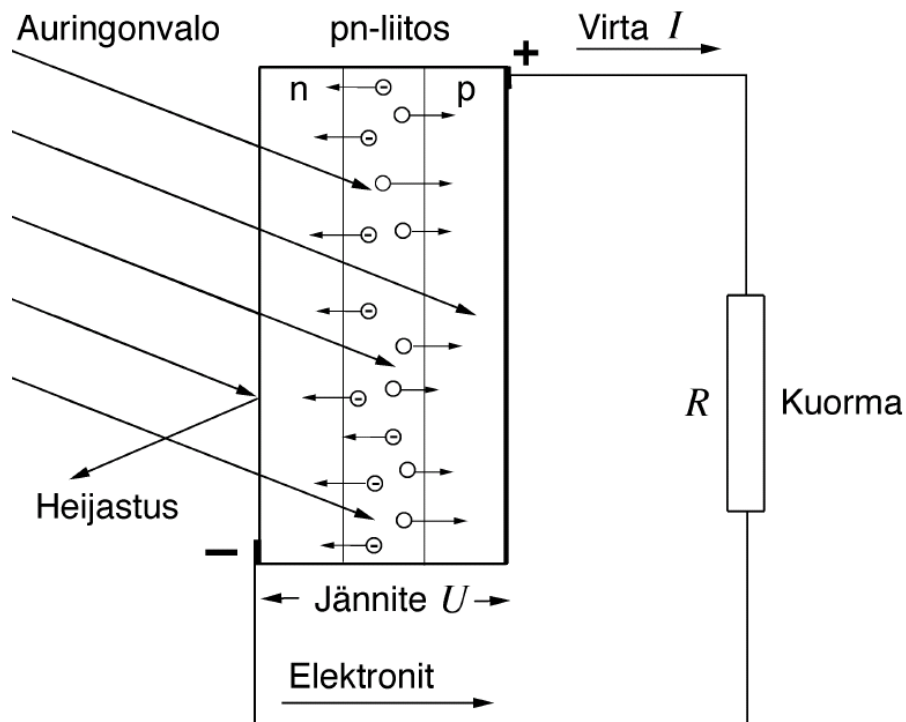
2.3 Aurinkopaneelit

Aurinkopaneeleilla auringon säteily muutetaan suoraan sähköenergiaksi. Seuraavassa kappaleessa esitetään aurinkopaneelin toimintaperiaate.

2.3.1 Toimintaperiaate

Kuten kohdassa 2 mainittiin, perustuu aurinkopaneelin toiminta valosähköiseen ilmiöön. Valosähköinen ilmiö tarkoittaa sähkömagneettisen säteilyn kykyä irrottaa elektroneja metallin pinnalta. Kun valo osuu metalliin, luovuttavat metallin pinnalla olevat atomit elektroneja. Eri materiaalit tarvitsevat ilmiön tapahtumiseen eri valon aallonpituuden. Aurinkopaneeleissa yleisimmin käytetty materiaali on pii. (Helsingin yliopisto.)

Aurinkopaneelissa on kaksi eri puolijohdemateriaalia. Kun valo osuu paneeliin, siellä vapautuu elektroneja, jotka voivat liikkua vapaasti. Paneelin kaksi puolijohdetta eroavat toisistaan varauksen suhteen, jolloin paneeliin syntyy sähkökenttä. Tämän sähkökentän avulla vapaat elektronit saadaan kulkemaan johtimen kautta sähköä tarvitsevalle laitteelle tai sähkö voidaan varastoida akkuihin. Kuvassa 8 on esitetty paneelin toimintaperiaate. Kirjaimet p ja n ovat eri puolijohdemateriaalit. (Helsingin teknillinen yliopisto.)

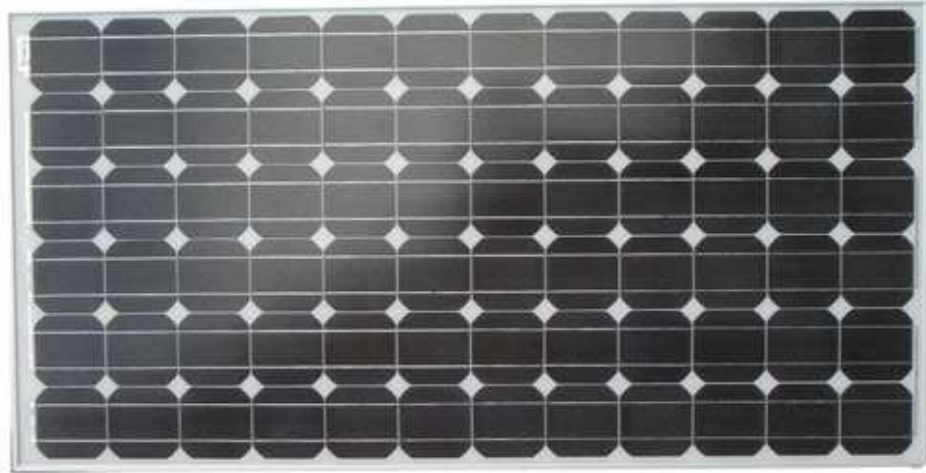


Kuva 8. Aurinkopaneelin toimintaperiaate (Suntekno, 2010).

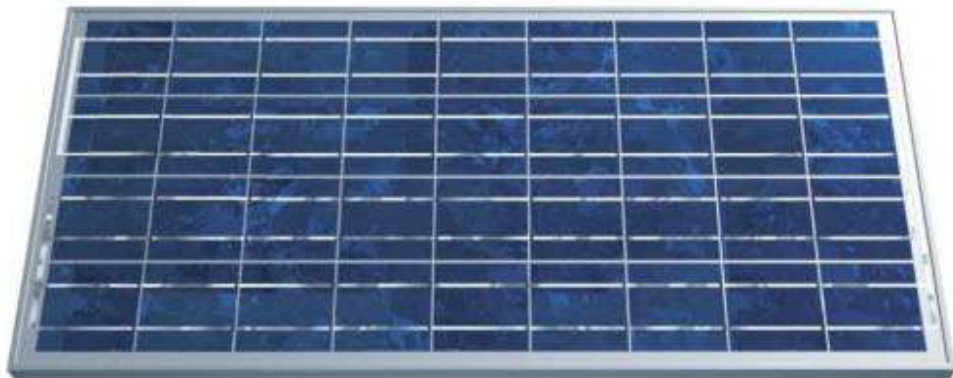
2.3.2 Erilaiset aurinkopaneelit

Eniten käytetyt aurinkopaneelit ovat yksi- ja monikiteiset piikennot. Näistä yleisimmin käytössä ovat yksikiteiset kennot, koska niiden hyötysuhde on parempi kuin monikiteisillä. Yksikiteisen kennon valmistaminen on kuitenkin

monimutkaisempaa ja sen vuoksi kalliimpaa. Toimintaperiaate on molemmilla tyypeillä sama. Alla olevista kuvista 9 ja 10 nähdään eri paneelien ulkonäkö. (Aurinkopaneeli.org.)



Kuva 9. Yksikiteinen aurinkopaneeli (Solarquotes).



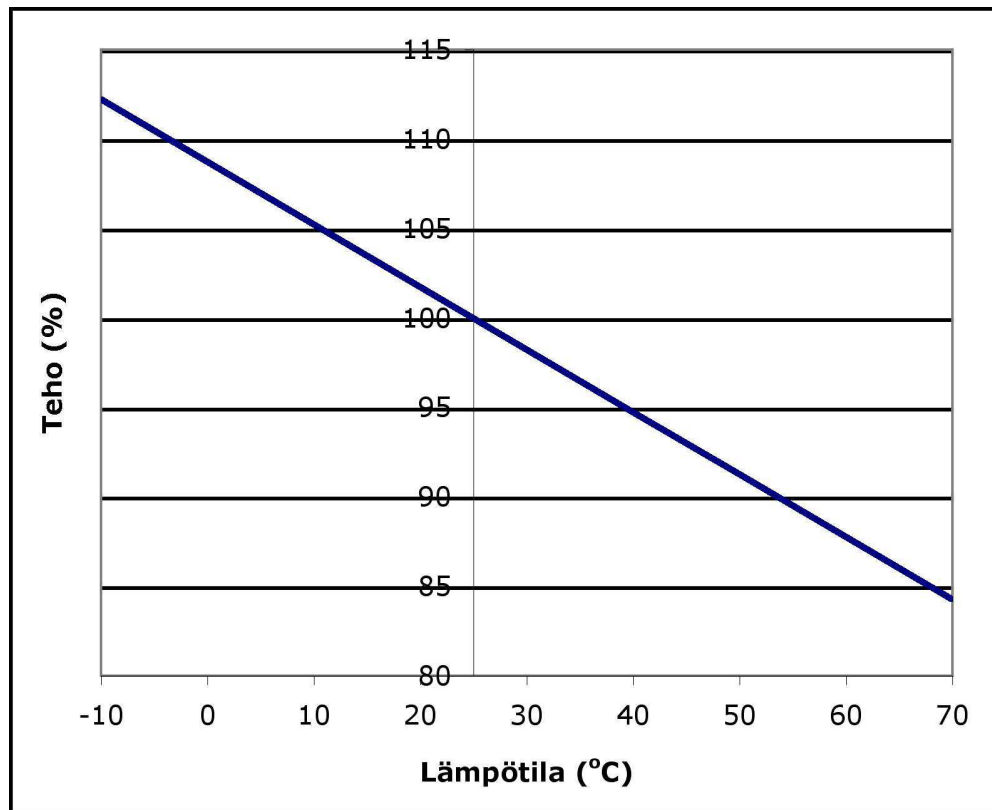
Kuva 10. Monikiteinen aurinkopaneeli (Solarquotes).

2.3.3 Hyötysuhde ja tehoon vaikuttavat tekijät

Nykyään aurinkopaneelien hyötysuhde on eri lähteistä riippuen 15-20 %. Hyötysuhde tulee lähitulevaisuudessa kasvamaan tekniikan kehityksen myötä. Linköpingin yliopistossa on keksitty uusi ja aikaisempaa halvempi tapa valmistaa kiteistä piikarbidia, jonka käyttö aurinkopaneeleissa nostaisi hyötysuhdetta kymmenillä prosenttiyksiköillä. Aiemmin piikarbidin valmistus on ollut liian kallista tähän tarkoitukseen. (Tekniikka & talous, 2012.)

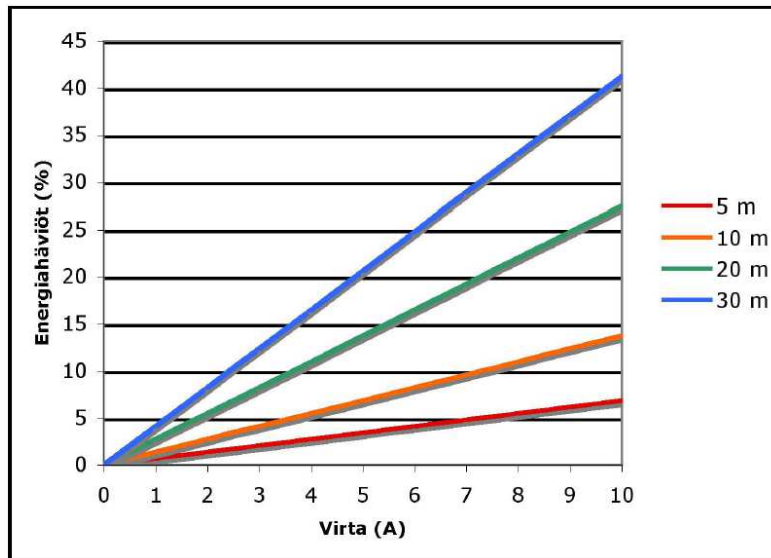
Aurinkopaneelista saatavaan tehoon vaikuttavia tekijöitä on useita. Kun paneelin lämpötila nousee, sen teho laskee. Vastaavasti lämpötilan laskiessa pa-

neelin teho kasvaa. Tämä tuo vaatimuksia aurinkopaneelin asennukseen. Paneeli olisi hyvä asentaa tuuliselle paikalle, jotta virtaava ilma viilentäisi aurinkopaneelin lämmittämää paneelia. Kuvassa 11 näkyy lämpötilan vaikutus aurinkopaneelin tehoon. Kuvaajassa on oletettu, lämpötilan noustessa yhden asteen, teho laskee 0,35 %. Eli tehon lämpötilakerroin on 0,35 %/°C. Kuvaajassa 100 % teho on kiinnitetty +25 °C:n kohdalle. (Suntekno, 2010.)



Kuva 11. Lämpötilan vaikutus aurinkopaneelin tehoon (Suntekno, 2010).

Siirtokaapeleissa tapahtuu tehohäviötä. Myös johtimien lämpötila vaikuttaa niissä tapahtuvan tehohäviön suuruuteen. Mitä suurempi lämpötila on, sitä enemmän häviötä tapahtuu. Pitkässä kaapelissa tehoa häviää enemmän kuin lyhyessä. Kaapelin tehohäviötä voidaan vähentää kasvattamalla kaapelin poikkileikkauksen pinta-alaa. Pinta-alan kaksinkertaistaminen puolittaa tehohäviöt. Kaapelit pyritään mitoittamaan siten, että tehohäviöt jäävät alle viiteen prosenttiin. Kuvassa 12 on esitetty tehohäviöt 12 V:n järjestelmässä kuparijohtimelle, jonka poikkipinta-ala on 2 mm². (Suntekno, 2010.)



Kuva 12. Johtimen aiheuttamat tehohäviöt (Suntekno, 2010).

Myös aurinkopaneelille pääsevän säteilyn voimakkuus ja aurinkopaneelin suuntaus vaikuttavat paneelin tehon tuottoon. Paneelille pääsevän säteilyn voimakkuuteen vaikuttavat esimerkiksi sääolosuhteet ja paneelin pinnalle kertyvä lika, kuten siitepöly ja lumi. Aurinkopaneelin suuntaamisesta kerrotaan kohdassa 2.4.

2.4 Asennuskulma ja -suunta

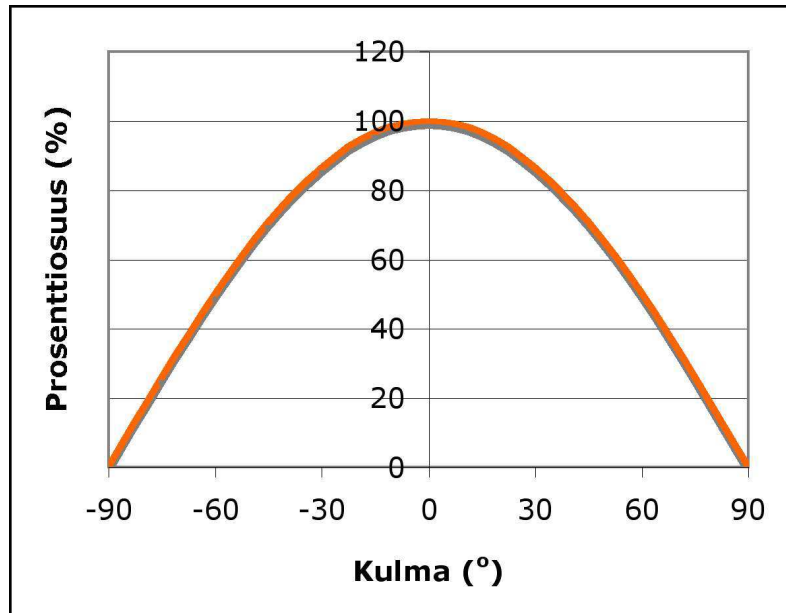
Tässä kappaleessa esitetään asennuskulman ja -suunnan vaikutus aurinkopaneelista ja -keräimestä saatavaan energiaan. Asennuskulmalla tarkoitetaan pystysuuntaista kulmaa ja asennussuunnalla ilmansuuntaa.

2.4.1 Aurinkopaneeli

Asennuskulmalla ja -suunnalla on suuri merkitys energian tuoton kannalta. Eniten auringon säteilemästä energiasta saadaan talteen, kun paneeli on kohtisuorassa aurinkoa vasten. Mitä pienemmässä kulmassa auringon säteet tulevat paneelin pinnalle, sitä suurempi osa säteilystä heijastuu pois. Kiinteästi asennettu paneeli tuottaa vuositasolla eniten energiaa, jos se on asennettu 45° kulmaan etelän suuntaan. Jos tuotto halutaan maksimoida kesäaikaan, niin asennuskulma on noin 30° ja talviaikaan 75°-90°. Talviaikaan kulman täytyy olla suuri, koska aurinko paistaa silloin matalalta ja satavan lumen on valuttava pois paneelin pinnalta. (Genergia Ky, Aurinkopaneelin asennus.)

Jos aurinkopaneeli seuraisi koko ajan auringon liikettä, niin siitä saataisiin noin 30 % enemmän energiaa talteen. Paneelin kääntämisestä ei ole hyötyä pilvisellä säällä, koska silloin 100 % säteilystä on hajasäteilyä. Seuraavassa kuvassa näkyy asennuskulman vaikutus saatavaan tehoon. Säteilyn kohtaa-

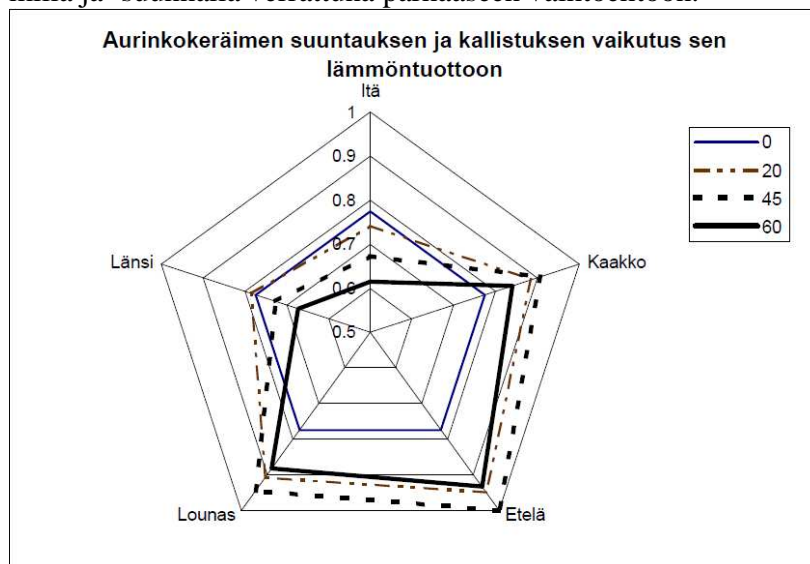
miskulmaa laskettaessa on huomioitava, että kulmaa täytyy tarkastella sekä pysty- että vaakatasossa: ”Jos kummassakin suunnassa tulokulma on 30° , tulokset kerrotaan keskenään $\cos 30^\circ \times \cos 30^\circ = 0,75$ eli säteilyteho pienenee 25 % verrattuna suoraan aurinkoon suunnattuun paneeliin.” (Suntekno, 2010.)



Kuva 13. Kohtaamiskulman vaikutus tehoon (Suntekno, 2010).

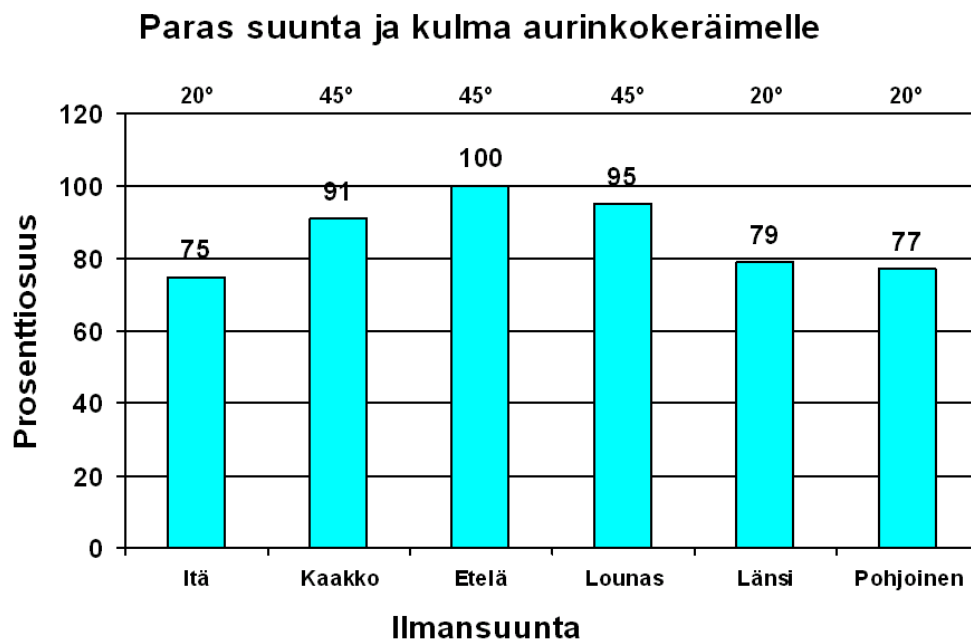
2.4.2 Aurinkokeräin

Kuvassa 14 on esitetty hyvin aurinkokeräimestä saatava teho eri asennuskulmilla ja -suunnalla verrattuna parhaaseen vaihtoehtoon.



Kuva 14. Aurinkokeräimen suuntaaminen (Solpros Ay, 2000).

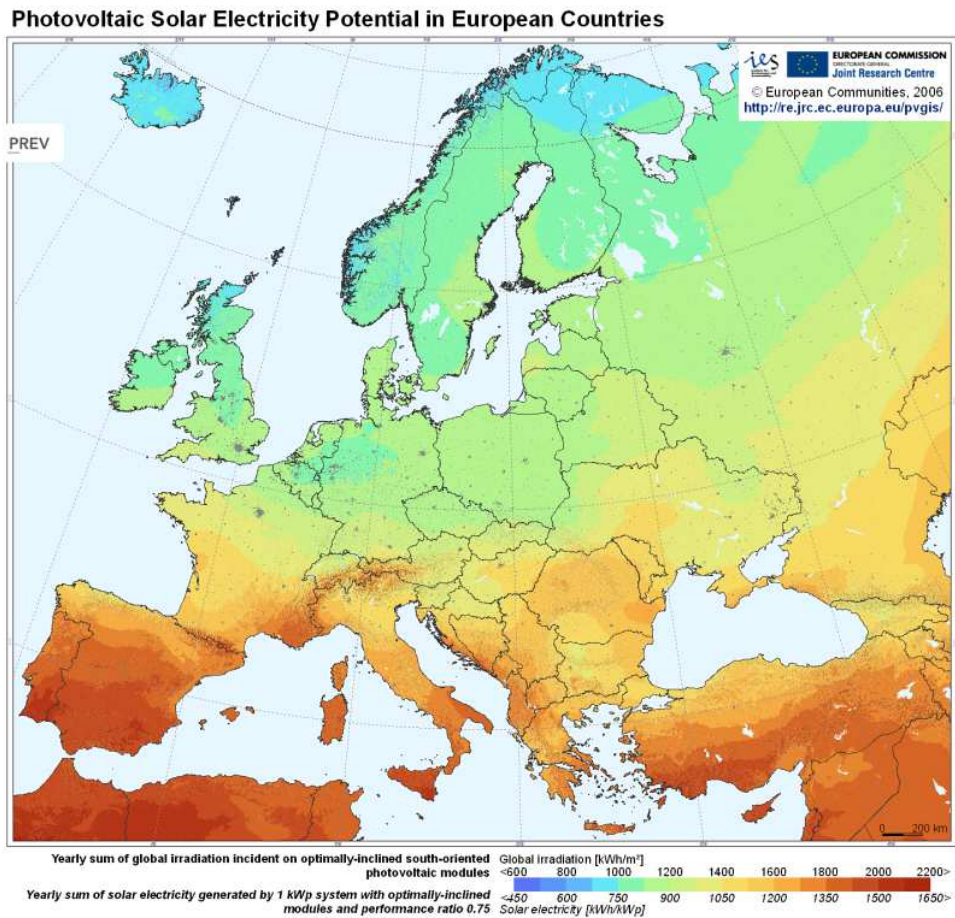
Kuten kuvasta 14 näkyy, on paras suuntaus aurinkokeräimelle etelä 45 asteen kulmassa. Suunnat kaakon ja lounaan välillä ovat hyviä vaihtoehtoja. Pienet poikkeamat tästä suunnasta ja kulmasta eivät vaikuta merkittävästi saatavaan lämpöenergiaan. Kuvan mukaan esimerkiksi 20 asteen kulmassa lounaaseen suunnattu aurinkokeräin saa talteen reilut 90 % parhaasta suuntauksesta. Mitä kauempana suuntaus on etelästä, sitä suuremmaksi kulman merkitys kasvaa. Aurinkokeräin kannattaa asettaa vähintään 20 asteen kulmaan senkin takia, että tätä pienempään kulmaan asetettujen keräimien pinta kerää helposti likaa, esimerkiksi siitepölyä tai lunta, mikä heikentää sen tehoa. Pieni kallistuskulma on paras vaihtoehto kesällä ja suuri kulma syksyllä, talvella ja keväällä. Seuraavassa kaaviossa on esitetty parhaat asennuskulmat eri ilmansuunnille ja niistä saatava teho parhaaseen vaihtoehtoon verrattuna. Arvot kuvaajaan on otettu kuvasta 14. (Solpros Ay, 2000.)



Kaavio 1 Paras suunta ja kulma aurinkokeräimelle parhaaseen vaihtoehtoon verrattuna.

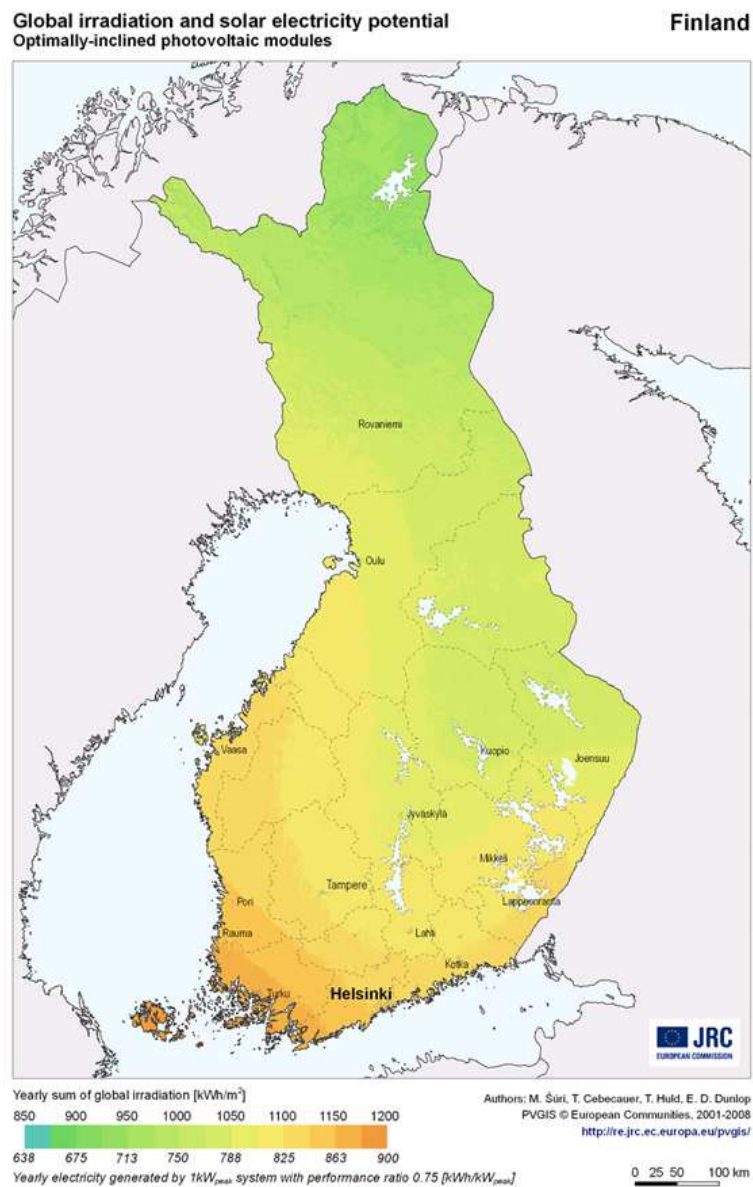
2.5 Aurinkoenergian potentiaali

Aurinkoenergian tuotanto on Suomessa todella vähäistä verrattuna esimerkiksi Saksaan. Säteilyn voimakkuus ei kuitenkaan ole merkittävästi vähäisempää Suomessa. Esimerkiksi Suomen etelärannikolla ja Saksan pohjoisrannikolla säteilyn määrä optimaaliseen kulmaan asennetulle paneelille on samaa luokkaa, noin 1200 kWh/m²/vuosi. Tämä selviää alla olevan kuvan 15 kartasta.



Kuva 15. Säteilyn määrä Euroopassa optimaaliseen kulmaan asennetulle panelille (Genetia Ky, Aurinkoenergia Suomessa).

Jos oletetaan aurinkopaneelin hyötysuhteeksi 20 %, niin eteläisessä Suomessa aurinkopaneeli voi teoriassa tuottaa vuodessa $1200 \text{ kWh/m}^2/\text{a} \times 0,2 = 240 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$. Tämä on suuri määrä energiaa. Esimerkiksi YIT:n rakentaman Asunto Oy Helsingin Tuottajan kiinteistösähkön kulutus vuonna 2011 oli isännöitsijän mukaan noin 108 MWh. Tuottajan kerrosala on noin 720 m^2 . Jos tästä pinta-alasta kolmasosa saataisiin käytettyä aurinkosähkön tuotantoon, niin auringosta saatava energia vuositasolla olisi: $(720 \text{ m}^2 / 3) \times 240 \text{ kWh/m}^2/\text{a} = 57600 \text{ kWh/a} = 57,6 \text{ MWh/a}$. Jos tämä energia käytettäisiin kiinteistösähkön hyväksi, muualta ostetun kiinteistösähkön osuudeksi jäisi: $108 \text{ MWh/a} - 57,6 \text{ MWh} = 50,4 \text{ MWh}$. Eli muualta ostetun sähkön määrää voitaisiin pienentää noin 47 %. Fortumin sähkön hinta syksyllä 2012 on Fortumin internetsivujen mukaan $0,0548 \text{ €/kWh}$. Tällä hinnalla rahallinen säästö olisi $50400 \text{ kWh} \times 0,0548 \text{ €/kWh} = 2762 \text{ €/a}$. Tämä esimerkkivaatisi kuitenkin todella hyvän tavan varastoida sähköä tai mahdollisuuden myydä ylijäämänsähkö paikallisille sähköyhtiöille, koska talvella aurinkosähköä ei ole juurikaan saatavilla. Suomessa itse tuotetun sähkön myynti sähköyhtiöille ei ole tällä hetkellä kuitenkaan mahdollista. Kuvassa 16 on vielä esitetty vuosittainen säteilymäärä optimaaliseen kulmaan asennetulle panelille Suomessa.



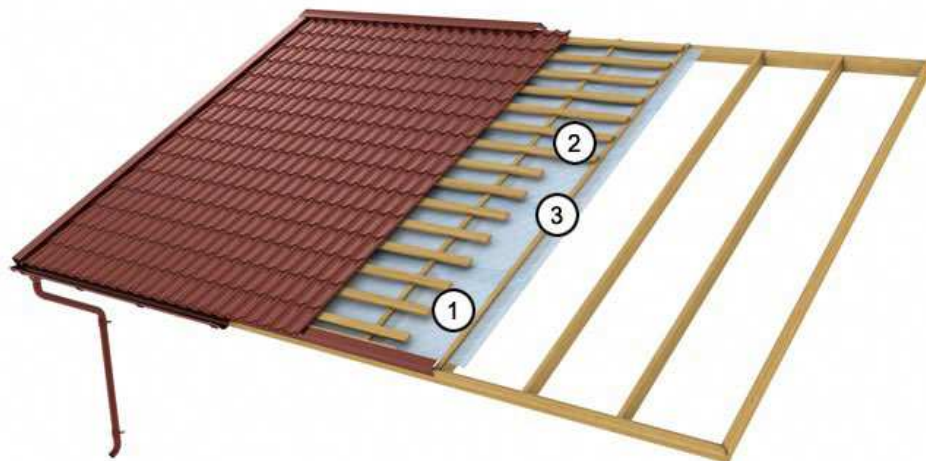
Kuva 16. Optimaaliseen kulmaan asennetulle paneelille tuleva säteily Suomessa (Genergia Ky, Aurinkoenergia Suomessa).

3 ERILAISET KATTO- JA SEINÄRAKENTEET

Tässä kappaleessa esitellään erilaisia katto- ja seinärakenteita ja niissä käytettyjä materiaaleja.

3.1 Katot

Asennusratkaisut ovat erilaiset erityyppisille katoille. Tästä syystä suunnittelijan ja asentajan on hyvä tietää joitakin perusteita kattojen rakenteesta ja materiaaleista. Aurinkopaneelien kiinnitys kattoihin esitetään kohdassa 5. Kuvassa 17 näkyy yksinkertaistettuna katon yleinen rakenne. Kuvassa numero 1 on aluskate, numero 2 on kattoruode ja numero 3 on kattotuoli. (Rautaruukki Oyj, Tietoa teräskatoista.)



Kuva 17. Yksinkertainen kuva kattorakenteesta (Rautaruukki Oyj, Tietoa teräskatoista).

3.1.1 Loivat katot

Loivaksi katoksi kutsutaan kattoa, jonka kaltevuus on alle 1:10. Tällaisilla katoilla vesi ei valu välttämättä tarpeeksi nopeasti pois katolta, joten vesikatteen täytyy kestää veden painetta. Tästä syystä loivilla katoilla vesikaton materiaalina käytetään yleisimmin vedenpitävää bitumikermiä. Myös muovi- ja kumi-kermejä käytetään. Kermit voidaan asentaa yhteen tai useampaan kerrokseen. Yhteen kerrokseen asennettua kermiä kutsutaan yksikerroskatteeksi ja kahteen kerrokseen asennettua vastaavasti kaksikerroskatteeksi. Yksikerroskattetta käytetään vain, kun kattokaltevuus on tarpeeksi jyrkkä, suositusten mukaan vähintään 1:40. Kaksikerroskatteessa kaksi kermiä on liimattu yhteen siten, että eri kerrosten saumat ovat eri kohdissa. Tällöin vesi pysyy varmemmin

poissa katon alusrakenteista. Mitä useammassa kerroksessa kermit ovat, sitä varmempi se on. (Kattoliitto 2007.)

Yläpohjarakenteisiin kuuluu kantava rakenne, ilman- tai höyrynsulku, lämmön- ja vedeneristys sekä tuuletus. Ilmansulku on kerros, joka estää ilman virtauksen katon läpi. Ilmansulku korvataan höyrynsululla, jos rakennuksessa syntyy paljon kosteutta. Rakenteisiin tiivistyvän kosteuden poistamiseksi tarvitaan tuuletusta. Kun katon kaltevuus on alle 1:20, täytyy tuuletusvälin olla vähintään 200mm, jyrkemmällä katoilla vähintään 100 mm. (Kattoliitto 2007.)

Vedeneristysten alusrakenteena käytetään puualustoja, betonialustoja tai lämmöneristyslevyalustoja. Puualustoina käytetään lauta-alustaa ja puulevyalustaa. Lautaalustassa käytetään enintään 95 mm leveitä ja 20 mm paksuja lautoja, tukivälin ollessa 600 mm. Mitä isompi tukiväli on, sitä paksampia lautoja käytetään. Laudat on naulattu jokaiseen kattotuoliin kahdella naulalla. Puulevyalustana käytetään esimerkiksi säänkestävää vaneria. Jos tukiväli on 600 mm, niin vanerin paksuuden täytyy olla vähintään 12mm. Levyjen täytyy olla niin isoja, että ne ylettyvät ainakin kahden kannakevälin yli. (Kattoliitto 2007.)

Betonialusta on betonia, kevytbetonia tai kevytsorabetonia. Jos betonilevy valetaan kevytsoran päälle, on levyn tehokas paksuus yleensä alle 40 mm. Sementtiä betonissa on enintään 250 kg/m³. Betonilaatta ei saa olla kiinni muissa rakenteissa, vaan laatan ja rakenteiden väliin on jätettävä noin 20 mm väli. Tässä käytetään apuna muun muassa mineraalivillaa. (Kattoliitto 2007.)

Liitteessä 1 on rakennekuva YIT:n käyttämistä loivista katoista.

3.1.2 Jyrkät katot

Jyrkillä katoilla käytetään useimmiten epäjatkuvia katteita. Epäjatkuviksi katteiksi kutsutaan katteita, joiden saumat eivät kestä vedenpainetta. Siksi niitä voidaan käyttää vain ulkopuolisella vedenpoistolla varustetuilla katoilla. Jyrkillä katoilla yleisimmin käytetyt katemateriaalit ovat tiili, pelti ja muut erilaiset aaltolevykatteet. Epäjatkuvien katteiden alla täytyy käyttää vedenpitävää aluskatetta, joka estää veden valumisen rakenteisiin. Jyrkillä katoilla käytetään joskus myös tiivissaumakatteita, jolloin aluskatetta ei välttämättä tarvita. (Kattoliitto 2007.)

Jyrkissä katoissa käytetään yleensä puurakenteita. Kantava rakenne on joko palkki- tai ristikkorakenne. Kuten loivissa katoissa, myös jyrkissä katoissa on höyry- tai ilmansulku, lämmöneriste, tuuletusväli ja vesikate. Tuuletusvälin täytyy jyrkillä katoilla olla vähintään 100 mm. Ilman tuloaukko sijoitetaan mahdollisimman alas ja poistoaukko mahdollisimman ylös. Tällöin tuuletus tapahtuu painovoimaisesti. (Kattoliitto 2007.)

Jyrkillä katoilla voidaan käyttää bitumikatteita. Käytettävät bitumikatteen ovat bitumikattolaatat, kolmiorimakate ja tiivissaumakate. Bitumikatteen alusrakenteena on umpilaudoitus tai puulevyalusta. Aluskate mitoitetaan kattotuolijaon mukaan. Jos tukiväli on 600 mm, niin laudan paksuus on 20 mm tai vaihtoehtoisesti vanerin paksuus 12 mm. Mitä suurempi tukiväli on, sitä paksummat laudat tai vanerit tarvitaan. Lauta-alustassa yhden laudan leveys saa olla enintään 95 mm ja pituuden pitää olla vähintään kaksi kertaa tukien väli. Myös puulevyalustassa yhden vanerilevyn täytyy tulla vähintään kahden tukivälin yli. (Kattoliitto 2007.)

Peltikatteenä käytetään erilaisia profiilipeltikatteita ja konesaumattua rivipeltikatetta. Peltikatteen alla käytetään ruoteita. Ruodelaudoituksena käytetään puuruoteita, jotka on kiinnitetty jokaiseen kattotuoliin kahdella naulalla. Ruoteiden väli mitoitetaan valmistajan ohjeiden mukaan. Profiilipeltikatteilla ruoteiden ja kattotuolien välissä on aluskate. Konesaumattu rivipeltikate kestää vedenpainetta, joten sen kanssa aluskate ei välttämättä ole tarpeen. Rivipeltikatteessa ruoteiden väli voi vaihdella 20 - 60 mm välillä. Väli riippuu katon kaltevuudesta. Loivemmilla katoilla ruodeväli on pienempi kuin jyrkemmillä katoilla. (Kattoliitto 2007.)

Tiilikatoissa käytetään joko savitiiliä tai betonitiiliä. Perinteisesti kattotiilet ovat olleet savitiiliä. Nykyisin betonitiilet ovat kuitenkin enemmän käytetty materiaali tarkemman valmistustekniikan ansiosta. Tiilikaton alla käytetään aina aluskatetta. Kattokaltevuudesta riippuen aluskate voidaan asentaa vapaasti tai se täytyy asentaa umpilaudoituksen päälle. Tiilikatoilla ruodevälit ovat katon kaltevuudesta riippuen 270 – 320 mm. Ruodejako ei saa muuttua eli samalla lappeella olevien ruoteiden välin täytyy olla aina sama. Alimman rivin tiilet naulataan kiinni, minkä jälkeen muut tiilet ladotaan paikalleen. Jos katon kaltevuus on yli 1:1, naulataan joka kuudes tiilirivi. Kaikki tiilet naulataan, mikäli kattokaltevuus on yli 60°. (Kattoliitto 2007.)

Liitteessä 2 on rakennekuva YIT:n käyttämistä jyrkistä katoista.

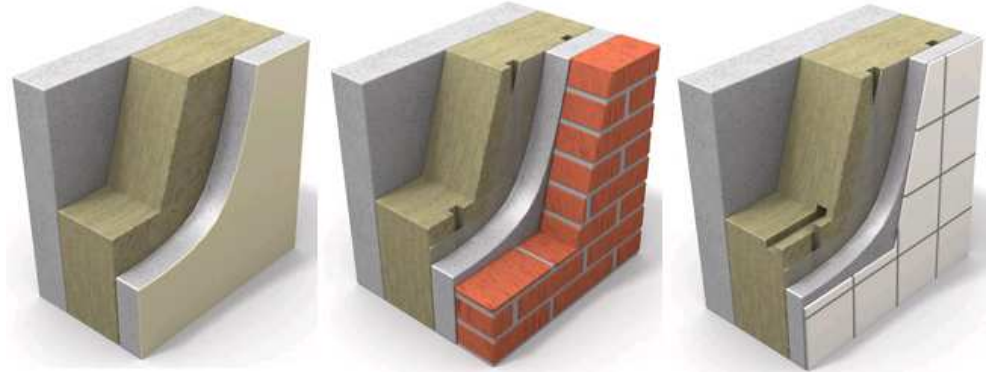
3.2 Seinät

Seinärakenteita on paljon erilaisia. Useimmiten kerrostaloissa käytetään elementtirakenteisia seiniä. Elementit koostuvat useasta eri kerroksesta, jotka muodostavat toimivan kokonaisuuden. Seuraavissa kappaleissa esitellään erilaisten seinien rakenteita.

3.2.1 Betonisandwich-elementti

Betonisandwich-elementti koostuu kantavasta rakenteesta, lämmöneristeestä, ulkokuoresta ja pinnan viimeistelystä. Kantava rakenne ja ulkokuori ovat betonia. Niiden välistä löytyy lämmöneriste, jossa voi olla tuuletusurat. Pinnan viimeistely voi olla esimerkiksi rappaus tai tiilimuuraus. Kuvassa 18 näkyy erilaisia betonisandwich-elementtejä. Vasemmalla olevassa rakenteessa ei ole

tuulettu ollenkaan. Keskimmaisessa rakenteessa on vain pystysuuntaiset tuuletusurat ja oikealla olevassa on sekä pysty että vaakasuuntaiset tuuletusurat. Lisäksi kuvassa näkyy erilaisia pinnan viimeistelyjä. (Paroc.)

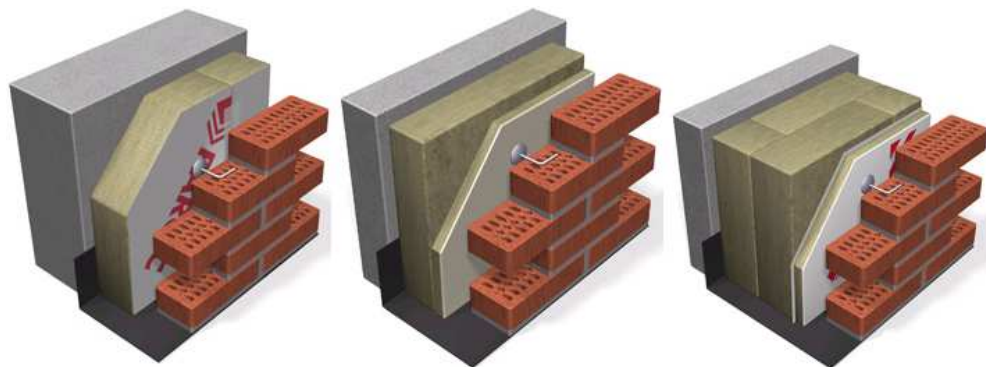


Kuva 18. Erilaisia betonisandwich-elementtejä (Paroc).

Liitteessä 4 on YIT:n käyttämän betonisandwich seinän rakennekuva.

3.2.2 Massiiviseinät

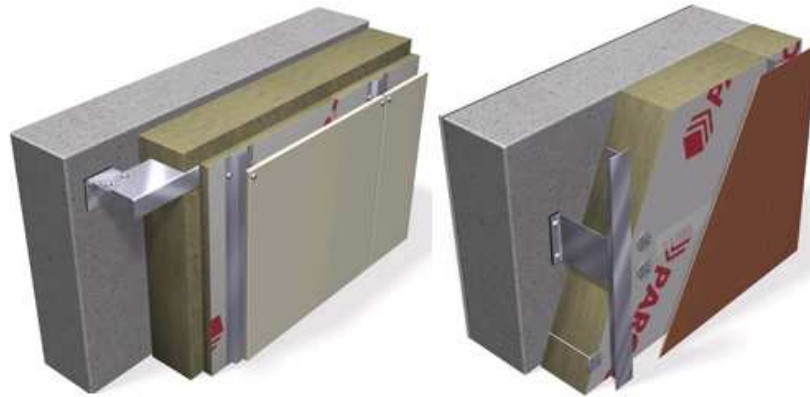
Tuulettuvia massiiviseiniä ovat tiiliverhottu betoni ja teräsrankajärjestelmät. Tiili voi päästää vettä lävitseen, joten tiiliverhoilussa seinässä veden pääsy eristeisiin on estettävä. Tämä voidaan estää hyvällä tuuletuksella. Tiiliverhottussa betoniseinässä tuuletusvälin onkin oltava vähintään 30 mm leveä. Tiilivuorattu betoniseinä koostuu kantavasta rakenteesta, eristeestä, tuuletusvälistä ja tiilimuurauksesta. Kantava rakenne on jotain kiviperäistä materiaalia, kuten betonia tai tiiltä. Kuvassa 19 näkyy erilaisia tiiliverhottujen betoniseinien rakenteita. Vasemman puoleisessa ratkaisussa on yksikerroksinen eriste, kun taas keskimmaisessa on kaksikerroksinen eriste. Oikean puoleinen ratkaisu on tarkoitettu passiivitaloon. Siinä eriste on paksumpi kuin normitalossa. (Paroc.)



Kuva 19. Erilaisia tiiliverhottuja betoniseiniä (Paroc).

Teräsrankaseinät eroavat tiiliverhottusta betoniseinästä siten, että niissä on teräsranka. Julkisivuverhouksena käytetään esimerkiksi teräskasetteja tai se-

menttikuitulevyjä. Kuvassa 20 on esitetty teräsrankaseinien rakennetta. Kuvassa näkyy kaksi erilaista teräsrankaratkaisua. (Paroc.)

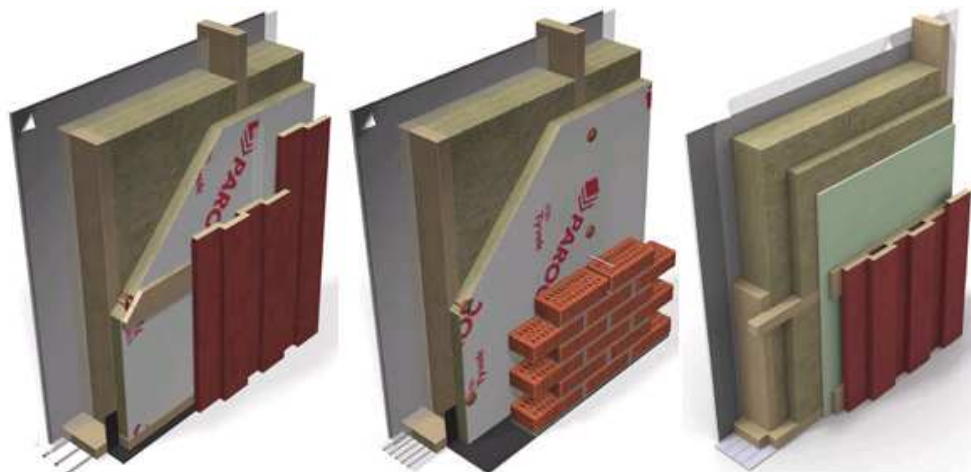


Kuva 20. Teräsrankaseinän rakenne (Paroc).

Liitteessä 3 on YIT:n käyttämän massiiviseinän rakennekuva.

3.2.3 Puurunkoseinät

Puurunkoseinät koostuvat sisäverhouksesta, koolauksesta, höyryn- tai ilman- sulusta, puurungosta, tuulensuojaeristyksestä, tuuletusvälistä ja julkisivuverhoilu- hoilusta. Julkisivuverhoilu voi olla esimerkiksi puuta tai tiiltä. Tiilijulkisivu- llisessa ratkaisussa tuuletusvälin pitää olla vähintään 30 mm paksu. Sisäverho- us on toteutettu kipsilevyllä. Kuvassa 21 näkyy erilaisia rakenteita puurun- koseinille. Kuvassa näkyy myös miten eriste on asennettu kantavan puuraken- teen väliin. (Paroc.)



Kuva 21. Puurunkoseinien rakenteita (Paroc).

4 SUUNNITTELUN JA ASENNUKSEN VAATIMUKSET

Aurinkoenergiajärjestelmien asennuksessa ja suunnittelussa on monia vaatimuksia. Näitä vaatimuksia tuodaan esiin tässä luvussa.

4.1 Tehokkuus

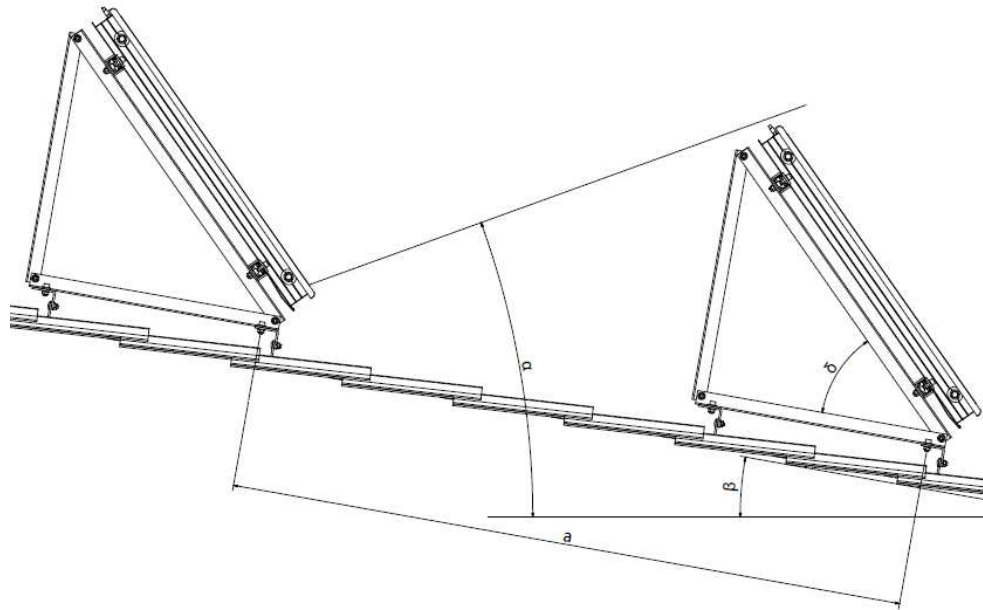
Tehokkuuden kannalta tärkeintä on asennuspaikka. Auringon täytyy paistaa mahdollisimman pitkään ja esteettömästi paneelin pinnalle, jotta siitä saataisiin paras hyöty irti. Pienikin paneelille osuva varjo heikentää paneelin tehoa. Ennen aurinkopaneelien hankkimista täytyy selvittää, ettei alueen kaavoituksesta löydy korkeita kerrostaloja, jotka varjostaisivat paneeleita tulevaisuudessa. Koska aurinkopaneelit ovat pitkäaikaisia investointeja, kannattaa myös lähistön puiden kasvun aiheuttamaa varjojen vaikutusta miettiä esimerkiksi 15 vuoden päähän. Kuten kohdassa 2.4 sanottiin, ovat paneelin suuntaus ja kulma tehokkuuden kannalta tärkeässä roolissa. (ThermoSunEco Oy.)

Aurinkopaneelien olisi hyvä sijaita mahdollisimman lähellä niiden tuottaman sähkön käyttökohdetta. Mitä lyhyemmän matkan sähköä joutuu siirtämään, sitä vähemmän johdoissa tapahtuu tehohäviötä. Mikäli paneeleita ei pystytä sijoittamaan lähelle kohdetta, täytyy käyttää paksumpia kaapeleita. Myös aurinkokeräimen olisi hyvä sijaita lähellä käyttökohdetta. Myös aurinkolämpöjärjestelmän putkistossa tapahtuu lämpöhäviötä. (Suntekno, 2010.)

Viileä aurinkopaneeli toimii tehokkaammin kuin lämmin paneeli. Tästä syystä paneeli olisi hyvä asentaa tuuliselle paikalle, koska tuuli viilentää lämpenevää paneelia. Paneelin ja katon väliin pitäisi jättää vähintään 100 mm tyhjää tilaa, jotta paneelin lämpötila ei nousisi liikaa. (AmePlan Oy.)

4.2 Mitoitus

Aurinkosähkö ja -lämpöjärjestelmiä suunniteltaessa on tärkeää miettiä järjestelmälle tarvittava koko. Järjestelmän suuruutta mietittäessä on otettava huomioon seuraavissa kappaleissa esitetyt asiat. Myös kattopinta-ala on rajoittava tekijä mitoituksessa. Paneelien kulma, katon kaltevuus ja varjostuskulma vaikuttavat paneelirivien etäisyyteen toisistaan. Edessä oleva rivi ei saa varjostaa takana olevaa riviä. Seuraavassa kuvassa näkyvät rivien etäisyyteen vaikuttavat tekijät. Kuvassa α = varjostuskulma, β = katon kaltevuus, δ = paneelin kulma ja a = riviväli.



Kuva 22. Paneelirivien etäisyys (NIBE Energy System Oy).

Taulukkoon 1 on laskettu optimaaliset rivivälit tasakatolla eri varjostuskulmille ja paneelin kulmille trigonometrian avulla olettaen, että paneelin korkeus on 1000 mm. Laskuissa on oletettu, että kattokulma β on nolla. Kuitenkin myös tasakatolla on pieni kaltevuus, jotta sadevesi saadaan katolta pois. Laskujen tulos on pyöristetty yhden desimaalin tarkkuudelle. Taulukossa vaakarivillä on varjostuskulma ja pystyrivillä paneelin kulma.

Taulukko 1. Rivien optimaalinen etäisyys tasakatolla eri varjostus- ja asennuskulmilla.

Rivien etäisyys (m)

Varjostuskulma/asennuskulma

Asennuskulma δ	Varjostuskulma α		
	20°	30°	40°
20°	1,9	1,5	1,3
45°	2,6	1,9	1,5
60°	3,4	2,0	1,5

Liitteessä 6 on esitelty aurinkopaneelien ja -keräimien tarve tiettyä energiamäärää kohden. Taulukossa näkyy myös paneelien tarvitsema kattopinta-ala. Kattopinta-alan tarve on laskettu neliön muotoiselle katolle 20° varjostuskulmalla 45° kulmaan asennetuille paneeleille. Eli yllä olevan taulukon mukaan yksi rivi paneeleita vie 2,6 m tilaa. Tämän avulla on laskettu, että kattopinta-alasta noin kolmasosa on mahdollista hyödyntää aurinkoenergian tuottami-

seen. Säteilymäärät taulukkoon on otettu kuvista 3 ja 16. Liitteessä 7 on vertailun vuoksi sama taulukko paneelien ja keräimien tarpeelle Oulussa.

4.2.1 Aurinkosähkö

Aurinkopaneelien määrää mietittäessä täytyy ensimmäisenä arvioida sähkönkulutus. Sähkönkulutusta voidaan arvioida laskemalla käytettävien sähkölaitteiden kulutuksia. Esimerkiksi, jos laitteen 1 teho on 60 W ja sitä käytetään päivässä viisi tuntia, niin laitteen käyttämä energia on $60 \text{ W} \times 5 \text{ h} = 300 \text{ Wh}$. Jos laitteen 2 energian kulutus on 200 Wh, niin laitteiden 1 ja 2 yhteenlaskettu kulutus on $300 \text{ Wh} + 200 \text{ Wh} = 500 \text{ Wh}$. Eli yhteensä sähkönkulutus on kaikkien sähkölaitteiden kulutuksen summa. Kerrostaloasunnoissa keskimääräinen sähköenergiankulutus vuodessa on noin 2000 kWh. Kulutuksen arvioinnin jälkeen täytyy arvioida auringon säteilyn määrä. Säteilyn määrää voi arvioida kuvassa 16 olevan kartan avulla. (Genergia Ky, Aurinkopaneelien mitoitus; Energiapolar.)

Auringon säteily vaihtelee sääolosuhteiden mukaan. Tästä syystä paneelien lukumäärä täytyy mitoittaa hieman yläkanttiin, mikäli aurinkoenergialla halutaan kattaa kaikki sähköntarve. Eli paneelien tuoton pitäisi olla 1,1 - 1,5 kertaa arvioidun sähkönkulutuksen suuruinen. Esimerkiksi, jos vuosittaisen kulutuksen arvioidaan olevan 2000 kWh, niin paneelien tuoton pitäisi olla $2000 \text{ kWh} \times 1,5 = 3000 \text{ kWh}$. Kuvan 16 mukaan Helsingissä optimaaliseen kulmaan asennetulle paneelille tulee säteilyä $1150 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$. Jos paneelin hyötysuhde on 20 %, niin paneeleita tarvitaan $3000 \text{ kWh} / (1150 \text{ kWh/m}^2/\text{a} \times 0,2) = 13 \text{ m}^2$. (Genergia Ky, Aurinkopaneelien mitoitus.)

Akkuja tarvitaan, mikäli järjestelmää ei ole kytketty yleiseen sähköverkkoon. Akkujen avulla sähköä voidaan varastoida ja käyttää myös yöaikaan, jolloin auringon säteilyä ei ole saatavilla. Jos järjestelmä on kytketty sähköverkkoon, akkuja ei välttämättä tarvita. Tällöin paneelien tuottama sähkö ohjataan yleiseen sähköverkkoon, josta se otetaan käyttäjän käyttöön. Kun arvioidaan akkukapasiteetin suuruutta, täytyy miettiä kohteen tarvitsema omavaraisuusaika. Omavaraisuusaika tarkoittaa sitä aikaa, jolloin järjestelmä pystyy toimimaan ilman auringonsäteilyä pelkästään akkujen avulla. (Genergia Ky, Aurinkopaneelien mitoitus; Genergia Ky, Aurinkosähköjärjestelmä.)

4.2.2 Aurinkolämpö

Kun mietitään aurinkolämpöjärjestelmän kokoa, on aluksi arvioitava lämpimän käyttöveden tarve. Yksi henkilö kuluttaa päivässä keskimäärin noin 30-50 litraa lämmintä vettä. Vesivaraajan tilavuuden pitäisi olla 2-3 kertaa suurempi kuin päivittäinen lämpimän veden tarve. Tällöin lämmin vesi riittää kauemmin pilvisenäkin päivänä. (Solpros Ay, 2006.)

Aurinkokeräinten pinta-ala mitoitetaan siten, että ne tuottavat kesällä 100 % lämpimän veden tarpeesta. Mitoitus tehdään tällä tavalla, jotta keräimet eivät

ylikuumene kesällä. Vuositasolla keräimet tuottavat 40-50 % lämpimästä käyttövedestä. Alla olevassa taulukossa on aurinkolämpöjärjestelmän mitoitus suosituksia. (Solpros Ay, 2006.)

Taulukko 2. Aurinkolämpöjärjestelmän mitoitus suosituksiset (Solpros Ay, 2006).

Käyttövesi, litraa/päivä	Varaaja, litraa	Keräin, m ²
100-200	300	4-6
200-300	500	6-8
300-500	800	8-10
500-800	1000	10-15

4.3 Kestävyys ja turvallisuus

Aurinkopaneelit ja -keräimet sijaitsevat yleensä korkealla katolla tai seinällä. Jos paneeli pääsee putoamaan katolta, voi se aiheuttaa vahinkoja. Tästä syystä turvallisuuden kannalta on tärkeää, että paneelit on kiinnitetty kunnolla. Kiinnityksen täytyy kestää tuuli- ja lumikuormat hyvin. Paneeli täytyykin asentaa vähintään 22-25° kulmaan, jotta lumikuormat eivät kasvaisi liian suuriksi. Harjakatoilla paneelit tulisi asentaa mahdollisimman lähelle katon harjaa, jottei valuva lumi aiheuta suuria lumikuormia. Asennuskohteet eroavat yleensä toisistaan. Tästä syystä kiinnitysratkaisu täytyy miettiä tapauskohtaisesti eri kattomateriaalien ja -rakenteen kannalta. (Solpros Ay, 2006; NAPS SYSTEMS OY, 2009.)

Aurinkopaneelien kanssa työskennellessä ollaan tekemisissä sähkön kanssa. Tästä syystä asennuksen saa tehdä vain alan ammattilainen. Aurinkopaneeli alkaa tuottaa sähköä heti, kun auringon säteily pääsee sen pinnalle. Tästä syystä paneelit täytyy pitää peitettynä siihen asti, että asennus ja sähkökytkennät ovat valmiit. (Aurinkopaneeli.org.)

4.4 Ulkonäkö

Aurinkoenergiajärjestelmä on rakennuksen ulkonäköä muokkaava tekijä. Tästä syystä järjestelmän rakentaminen on luvanvaraista. Luvan myöntäjä on kunta tai kaupunki. Lupamenettely vaihtelee eri kunnissa, joten paikalliset lupamenettelyt täytyy selvittää ennen aurinkoenergian suunnittelua. (Timo Jodat, 2012.)

Esimerkiksi Tampereella saa aurinkopaneeleita asentaa ilman toimenpidelupaa alle 10 m², mikäli ne asennetaan samaan kulmaan katon tai seinän kanssa. Jos paneelit asennetaan eri kulmaan asennuspinnan kanssa tai, jos niitä on yli 10 m², niin toimenpidelupa vaaditaan. Toimenpidelupahakemukseen tarvitaan

muun muassa lupahakemuslomake, piirustuksia kohteesta, mahdollisesti naapurien hyväksyntä ja valokuvia kohteesta. (Tampereen kaupunki.)

4.5 Huoltomahdollisuus

Paneelien huoltoon kuuluu niiden puhdistus, kiinnitysten tarkastus, läpivientien vedenpitävyyden tarkastus ja tarkastus mekaanisten vaurioiden varalta. Jotta nämä tarkastukset päästäisiin tekemään helposti ja turvallisesti, täytyy paneelit sijoittaa siten, että niiden luokse pääsee kulkemaan. Paneelien etäisyys katon reunoilta ja toisistaan on oltava riittävän suuri, jotta kulkeminen olisi helppoa. (Timo Jodat, 2012.)

5 ASENNUSRATKAISUT

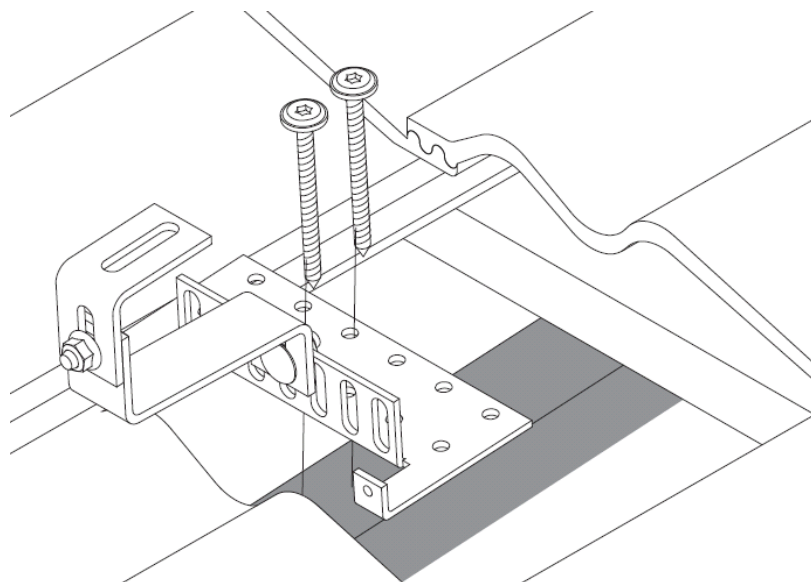
Aurinkopaneelit ja -keräimet voidaan asentaa maahan, rakennuksen seinille tai katolle. Seuraavissa kappaleissa tarkastellaan erilaisia asennusratkaisuja rakennusten seinille ja katoille.

5.1 Asennus tiilikatolle

Tässä esitetään NIBE Solar FP 215 P/PL aurinkokeräimen asennusratkaisut tiilikatoille. Tuotteen asentamiseen on olemassa erilaisia ratkaisuja riippuen katon rakenteesta ja halutusta keräimen asennuskulmasta.

5.1.1 Vaaka- ja pystyriivit

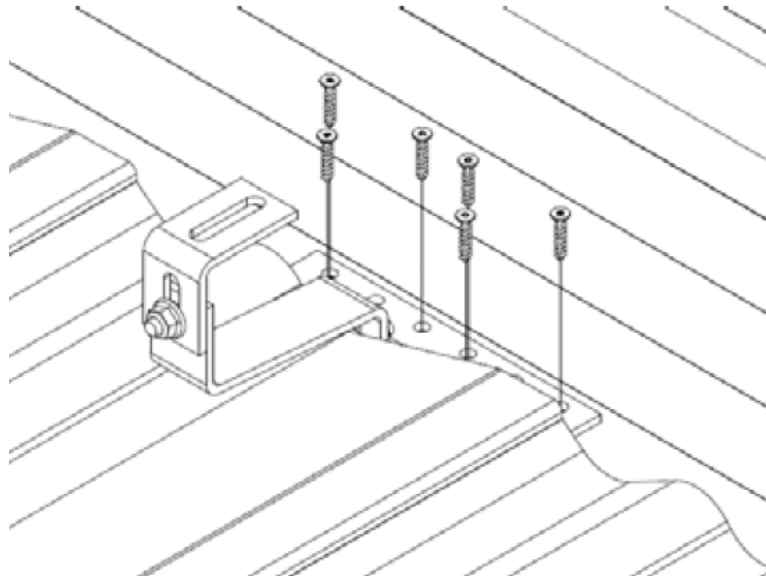
Keräimen kiinnitystapa riippuu katon rakenteista ja halutusta ulkonäöstä. Kattokiinnike kiinnitetään kattotuoleihin tai umpilaudoitukseen. Jos umpilaudoitus on tarpeeksi vahva, voidaan kattokiinnike kiinnittää suoraan siihen. Laudoitus saattaa kuitenkin tarvita vahvistusta ennen asennusta. Kuvassa 23 näkyy kattokiinnikkeen asennus kattotuoliin. Kiinnitys tapahtuu vähintään kahdella tasakantaruuvilla. (NIBE Energy System Oy.)



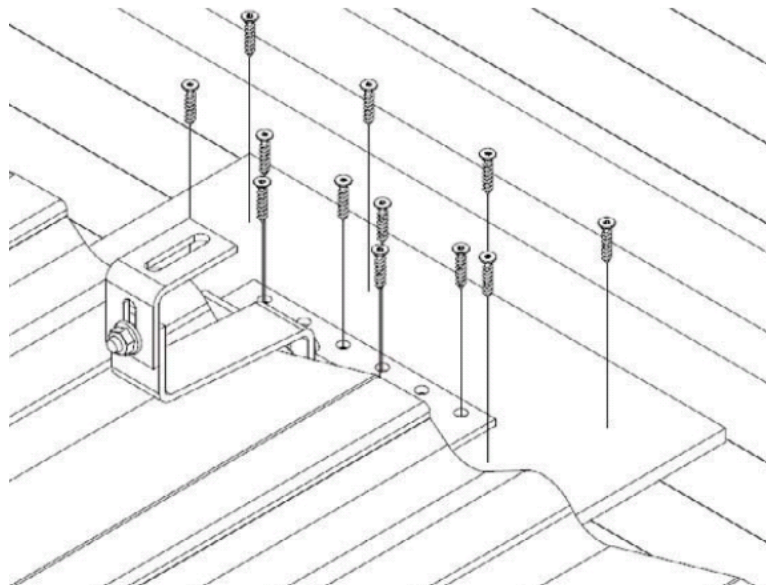
Kuva 23. Kattokiinnikkeen asennus tiilikaton kattotuoliin (NIBE Energy System Oy).

Jos tiilien ja kattotuolien välissä on umpilaudoitus, täytyy asentajan tapauskohtaisesti arvioida tarvittavien ruuvien määrä ja laudoituksen vahvistamisen tarve. Vahvistaminen tehdään esimerkiksi vanerilevyllä. Kuvassa 24 on esitet-

ty suora kiinnitys umpilaudoitukseen ja kuvassa 25 on kiinnitys vahvistuslevyn avulla. (NIBE Energy System Oy.)



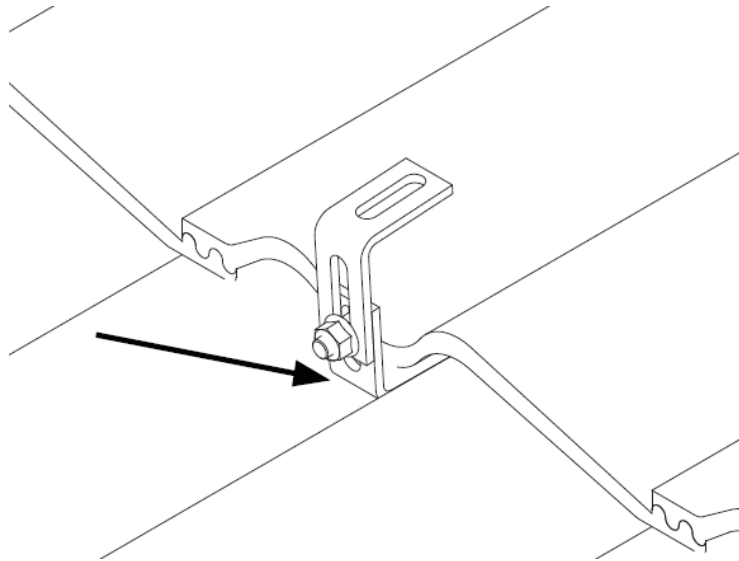
Kuva 24. Kattokiinnikkeen asennus umpilaudoitukseen (NIBE Energy System Oy).



Kuva 25. Kattokiinnikkeen asennus umpilaudoitukseen vahvistuslevyn avulla (NIBE Energy System Oy).

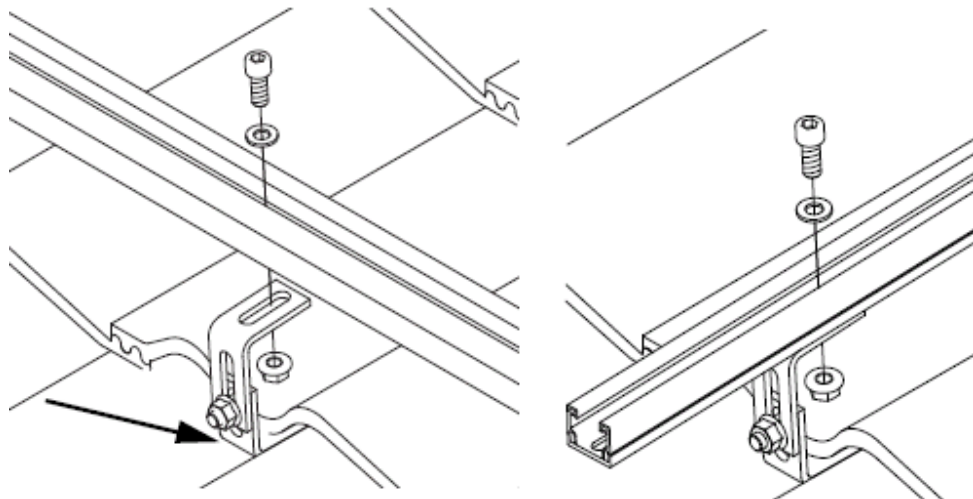
Kattokiinnikkeen ja alemman kattotiilen välillä täytyy olla vähintään 3 mm väli. Tästä syystä kattotiiltä joudutaan ehkä hiomaan. Jos kattokiinnike on kiinni tiilessä, saattaa se rikkoa tiilen liikuessaan jonkin verran lumi- ja tuulikuormien vaikutuksesta. Kuvassa 26 näkyy, miltä kattokiinnike näyttää, kun

tiilet on asennettu takaisin paikalleen. Nuolen osoittamaan kohtaan täytyy jättää aiemmin mainittu 3 mm väli. (NIBE Energy System Oy.)



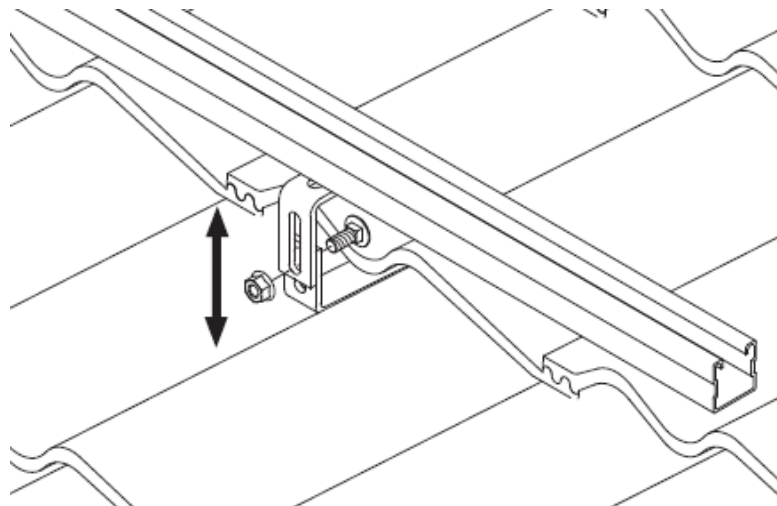
Kuva 26. Kattokiinnike tiilien ollessa paikallaan (NIBE Energy System Oy).

Kun kattokiinnikkeet on asennettu, niihin kiinnitetään asennuskiskot. Kiskot voidaan asentaa joko vaaka- tai pystysuoraan riippuen siitä, miten päin paneelit halutaan katolle. Asennuskiskot kiinnitetään kattokiinnittimiin käyttäen M10 x 25 ruuveja aluslevyn ja lukitusmutterin kanssa. Kuvassa 27 näkyy asennuskiskojen asennus sekä vaaka- että pystysuoraan. (NIBE Energy System Oy.)



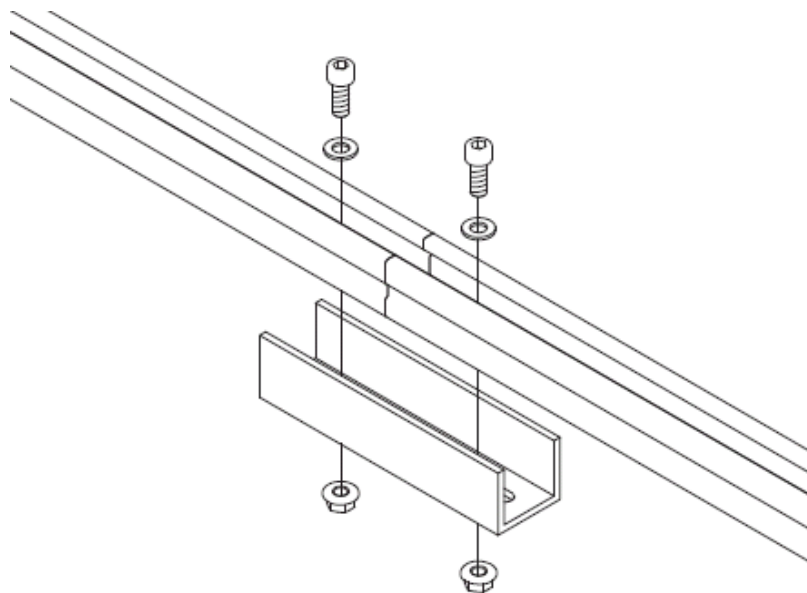
Kuva 27. Asennuskiskon kiinnitys kattokiinnikkeeseen (NIBE Energy System Oy).

Keräinten etäisyyttä katosta voidaan säätää kattokiinnikkeen avulla. Paikalliset olosuhteet vaikuttavat etäisyyden tarpeeseen. Kuvassa 28 näkyy, miten korkeudensäätö toimii. (NIBE Energy System Oy.)



Kuva 28. Keräimen korkeuden säätö (NIBE Energy System Oy).

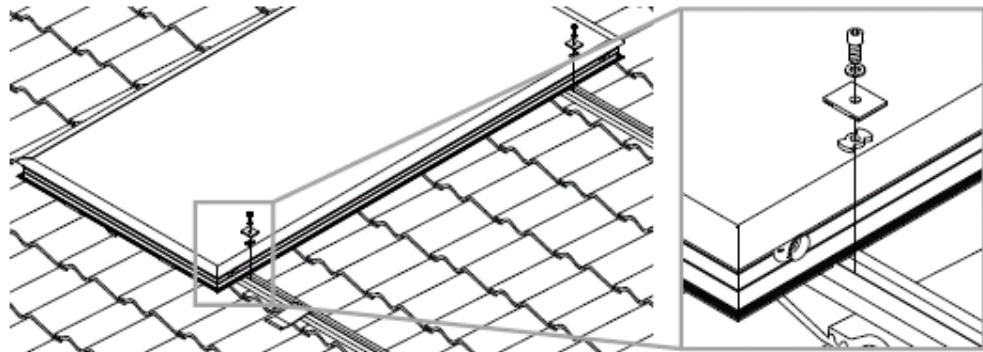
Kun käytetään useampia kuin yhtä asennuskiskoa peräkkäin, on ne kiinnitettävä toisiinsa. Kiinnitys tapahtuu liittossarjan ja ruuvien avulla alla olevan kuvan mukaan. (NIBE Energy System Oy.)



Kuva 29. Asennuskiskojen saumojen liittäminen toisiinsa (NIBE Energy System Oy).

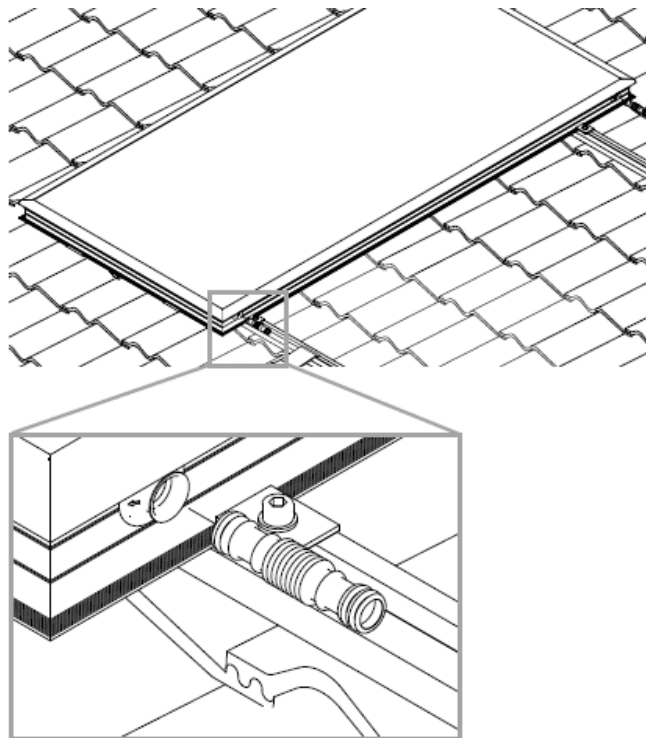
Ennen ensimmäisen keräimen asentamista täytyy varmistua siitä, että kaikki osat on kiinnitetty kunnolla. Täytyy myös tarkastaa, että katto on tiivis. Keräin kiinnitetään kiskolle M10 x 25 ruuveilla, aluslevyllä ja siipimutterilla. Asennettaessa keräintä täytyy varmistua, että mutterin siivet lukittuvat asen-

nuskiskoon. Kuvassa 30 esitetään keräimen asennus kiskoon. (NIBE Energy System Oy.)



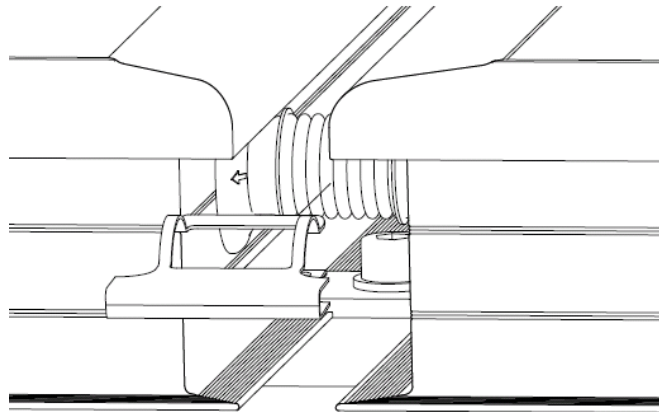
Kuva 30. Keräimen kiinnitys asennuskiskoon (NIBE Energy System Oy).

Useammat keräimet liitetään yhteen pikaliittimellä/tasaajalla. Pikaliitin asennetaan keräimeen kierteillä. Kuvassa 31 näkyy mihin pikaliitin asennetaan.



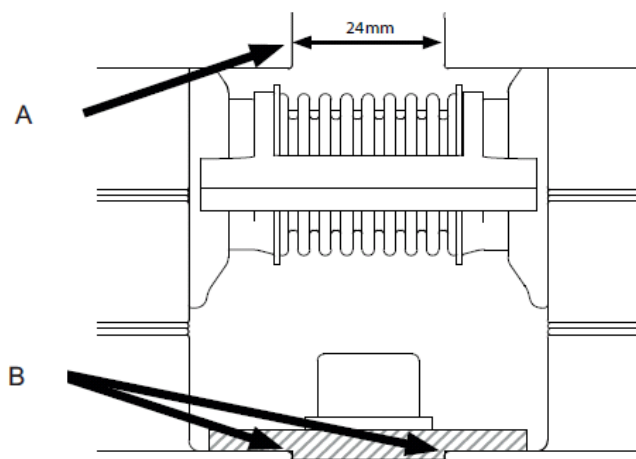
Kuva 31. Pikaliittimen asennus (NIBE Energy System Oy).

Keräimien välisen etäisyyden tulee olla 24 mm. Kun toinen keräin on työnnetty tarpeeksi lähelle ensimmäistä keräintä, asennetaan pikaliittimen/tasaajan päälle tasaajakiristin. Seuraavassa kuvassa näkyy tasaajakiristimen asennus. (NIBE Energy System Oy.)



Kuva 32. Tasaajakiristimen asennus (NIBE Energy System Oy).

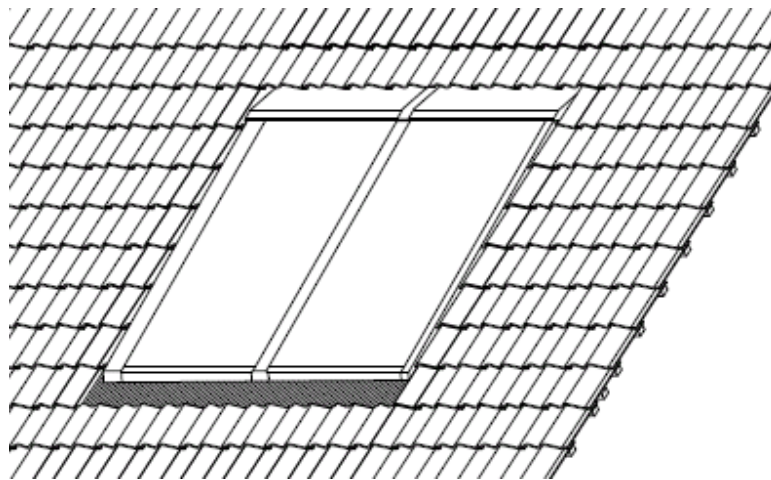
Seuraavana vielä kuva valmiista keräimien välisestä liitoksesta. Kohdassa A näkyy keräimien välinen etäisyys ja kohdassa B näkyy keräimien liittäminen asennuskiskoon.



Kuva 33. Keräimien liittäminen toisiinsa ja asennuskiskoon (NIBE Energy System Oy).

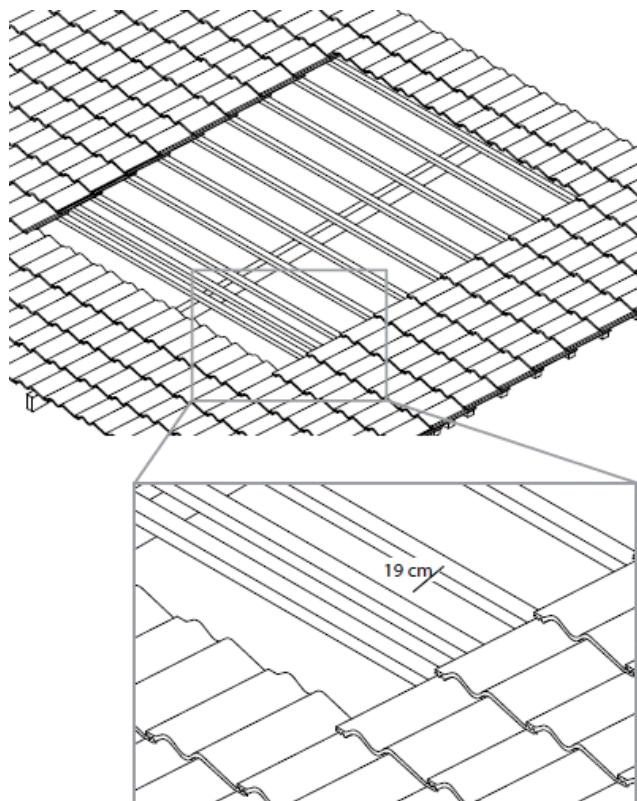
5.1.2 Kattoon integroitu aurinkokeräin

Tiilikatolle keräimen voi asentaa myös tiilien tasolle kattoon integroituna. Tällöin keräin korvaa osan tiilistä ja toimii osana vesikattoa. Tässä kappaleessa esitetään kattoon integroidun aurinkokeräimen asennusratkaisu. Kuvassa 34 näkyy valmis asennus.



Kuva 34. Kattoon integroitu aurinkokeräin (NIBE Energy System Oy).

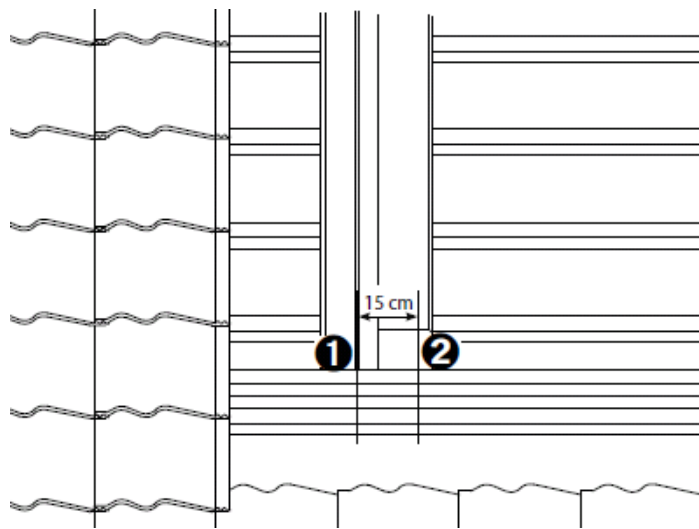
Kattoon integroidun keräimen asennus alkaa tiilien irrottamisella. Tiilet irrotetaan siten, että keräimen joka puolelle jää 500 mm tyhjää tilaa. Ruoteiden vahvistaminen saattaa olla tarpeen, jotta ne kestäisivät keräimen painon ja lumikuormat. Solar FP215 P/PL asennusohjeiden mukaan 190 mm päähän viimeisestä ruoteesta pitäisi asentaa ylimääräinen tukeva ruode. Kuvassa 35 näkyy kattoruoteet tiilien poistamisen jälkeen. Kuvassa näkyy myös ylimääräisen ruoteen asennuskohta. (NIBE Energy System Oy.)



Kuva 35. Katto tiilien poistamisen jälkeen (NIBE Energy System Oy).

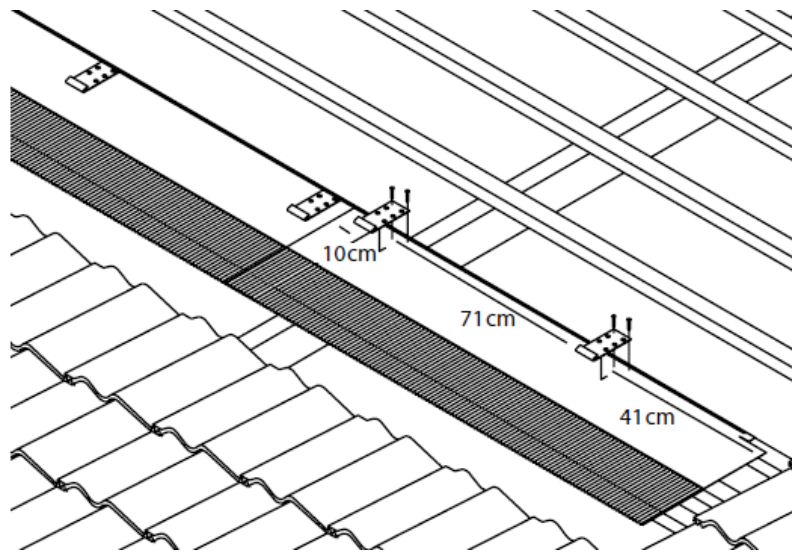
Keräimen alla pitäisi olla höyrönsulku, joka ulottuu vähintään 500 mm keräimen sivulta ja yläpuolelta ulospäin. Alapuolelta sen pitää olla kiinnityspeltien alapuolella vähintään 100 mm. Matalissa katoissa höyrönsulku on erityisen tärkeä, koska painovoimainen tuuletus ei välttämättä toimi tarpeeksi tehokkaasti. (NIBE Energy System Oy.)

Tiilien irrottamisen jälkeen täytyy määrittää keräimen asennuskohta tarkalleen. Tätä varten ruoteisiin täytyy piirtää viivat siihen kohtaan, johon vasen sivukappale asennetaan myöhemmin. Kuvassa 36 näkyy viivojen paikat. ”Viiva (1) menee pellin taitteen alle, viiva (2) 15 cm oikealle pellin taitteesta. Viiva (2) on samassa paikassa kuin aurinkokeräimen vasen reuna.” (NIBE Energy System Oy.)



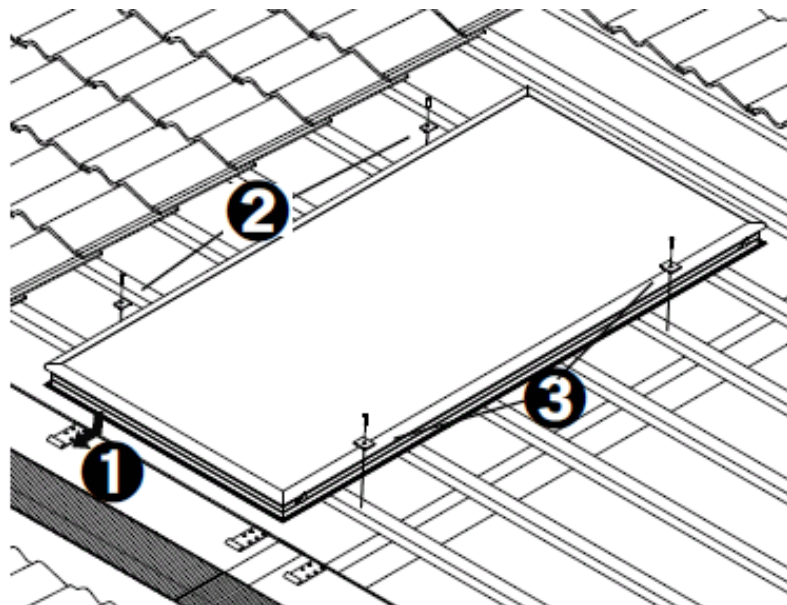
Kuva 36. Apuviivojen paikat (NIBE Energy System Oy).

Seuraavaksi määritellään alapellin paikka. Alapelti asennetaan siten, että sen vasen reuna on 16 cm viivan (1) vasemmalla puolella. Alapelti kiinnitetään kahdella aurinkokeräinkoukulla kattoruoteisiin, jotka on tarvittaessa vahvistettu. Nämä koukut pitävät alapellin paikallaan ja estävät keräimen liukumisen alaspäin. Seuraava alapelti asennetaan ensimmäisen pellin päälle 100 mm limityksellä. Aurinkokeräinkoukut asennetaan siten, että etäisyys pellin ulko-reunasta on 410 mm ja yhteen peltiin kiinnitettyjen keräinkoukkujen välinen etäisyys on 710 mm. Kuvassa 37 näkyy keräinkoukkujen kiinnityspaikat ja alapelttien välinen limitys. (NIBE Energy System Oy.)



Kuva 37. Alapellit ja aurinkokeräinkoukkujen kiinnityspaikat (NIBE Energy System Oy).

Alapeltien kiinnittämisen jälkeen asennetaan ensimmäinen aurinkokeräin. Aurinkokeräin asetetaan vasemmassa alapellissä oleviin aurinkokeräinkoukkuihin siten, että keräimen vasen reuna kulkee aiemmin piirretyn viivan (2) mukaisesti. Kun keräin on oikealla paikalla, kiinnitetään se kiinnityspaloilla ja ruuveilla. Kuvassa 38 näkyy keräimen asennuspaikka. Kuvaan on merkitty keräinkoukut (1), apuviiva (2) ja kiinnityspalat (3). (NIBE Energy System Oy.)

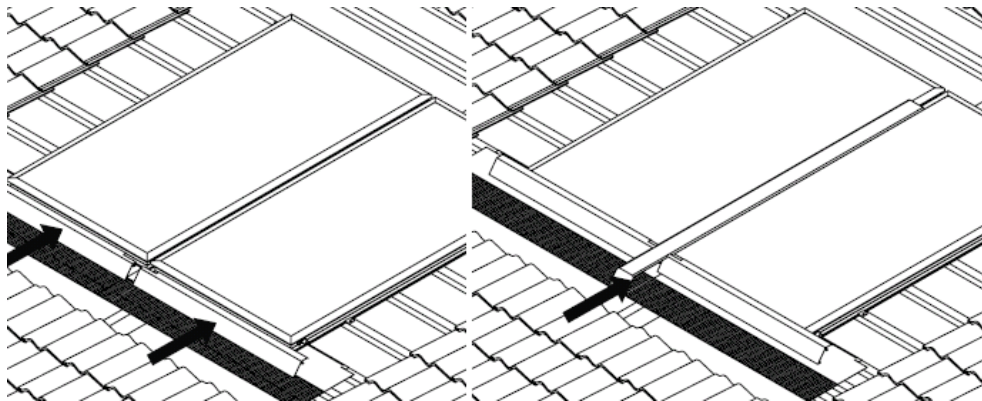


Kuva 38. Ensimmäisen keräimen asennus (NIBE Energy System Oy).

Tässä vaiheessa keräimeen asennetaan pikaliitin. Tämä on esitetty aiemmin kuvassa 31.

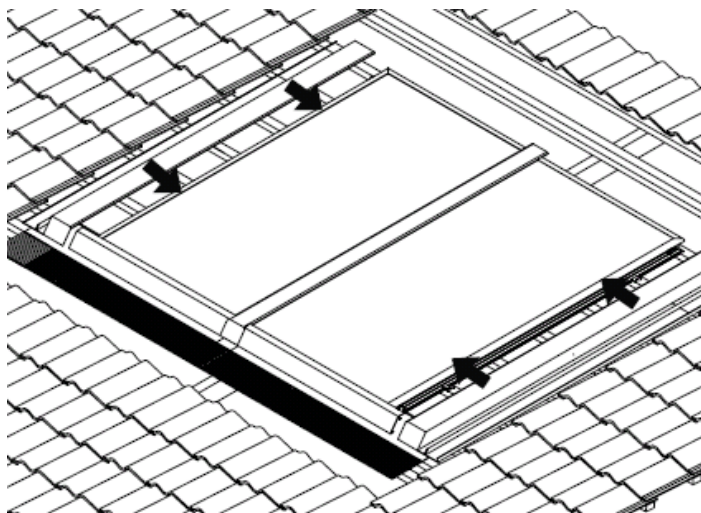
Toinen aurinkokeräin asetetaan oikean alapellin keräinkoukkuihin, minkä jälkeen se työnnetään ensimmäistä keräintä vasten. Tässä kohdassa täytyy olla tarkka, jotta pikaliitin osuu oikeaan kohtaan. Kun toinen keräin on asetettu oikeaan kohtaan 24 mm etäisyydelle ensimmäisestä keräimestä, kiinnitetään se kuten ensimmäinen keräin. Tämän jälkeen pikaliittimeen kiinnitetään tasaajakiristin, kuten kuvassa 32 aiemmin esitettiin. (NIBE Energy System Oy.)

Kun kaikki keräimet on asennettu, asennetaan alakappale ja välipelti. Alakappaleen sauman täytyy tulla keräimen reunan päälle. Kuvasta 39 näkyy alakappaleiden ja välipellin asennuspaikat. Vasemmalla ovat alakappaleet ja oikealla välipelti. (NIBE Energy System Oy.)



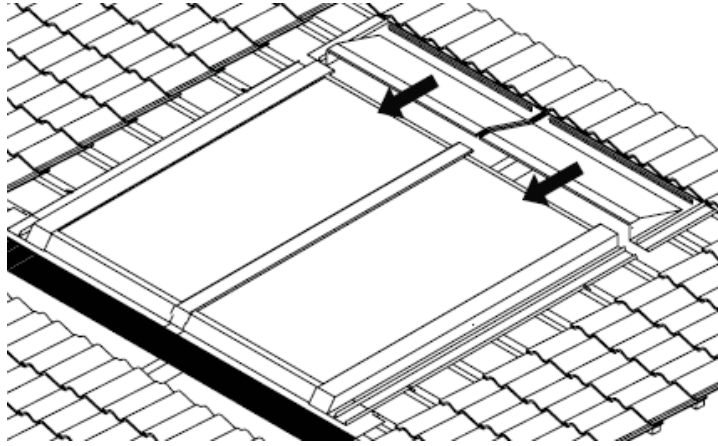
Kuva 39. Alakappaleen ja välipellin asennus (NIBE Energy System Oy).

Seuraavaksi kytketään liitännät. Kytcentöjen jälkeen asennetaan keräimelle sivukappale. Se asennetaan siten, että se peittää koko keräimen reunan. Sivukappaleet kiinnitetään lukituskiristimillä. Kuvassa 40 näkyy sivukappaleen asennus. (NIBE Energy System Oy.)



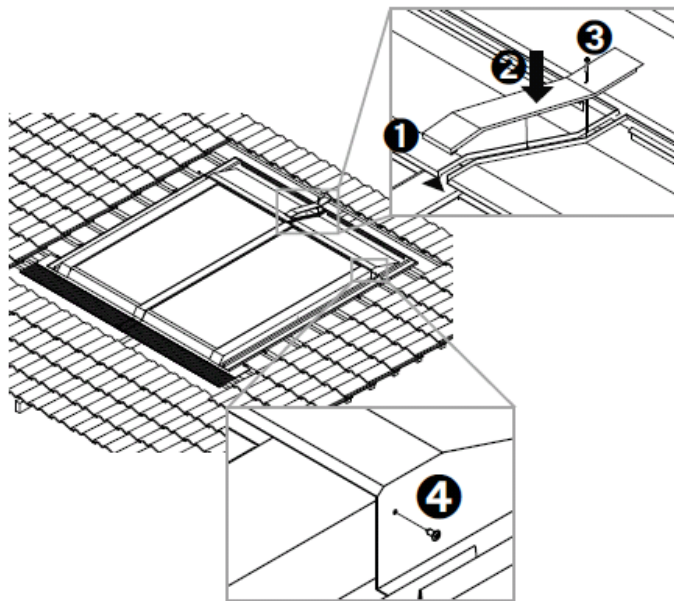
Kuva 40. Sivukappaleiden asennus (NIBE Energy System Oy).

Ennen yläkappaleen asennusta olisi hyvä lisätä yksi ylimääräinen ruodelauta tukemaan yläkappaletta. Ruodelaudan pitäisi olla 370 mm päässä aurinkokehän yläreunasta. Yläkappale asennetaan kuvan 40 mukaisesti sivukappaleiden päälle. (NIBE Energy System Oy.)



Kuva 41. Yläkappaleen asennus (NIBE Energy System Oy).

Kun yläkappaleet on asennettu, asennetaan niiden väliin välipelti ja ruuvataan yläkappale kiinni sivukappaleisiin. Välipelti asennetaan kuvan 42 mukaan liimattavien vaahtonauhojen avulla. Kuvassa numerot 1,2 ja 3 ovat eri yläkappaleita ja numero 4 esittää yläkappaleen kiinnitystä sivukappaleisiin. (NIBE Energy System Oy.)



Kuva 42. Välipellin asennus ja yläkappaleen kiinnitys sivukappaleeseen (NIBE Energy System Oy).

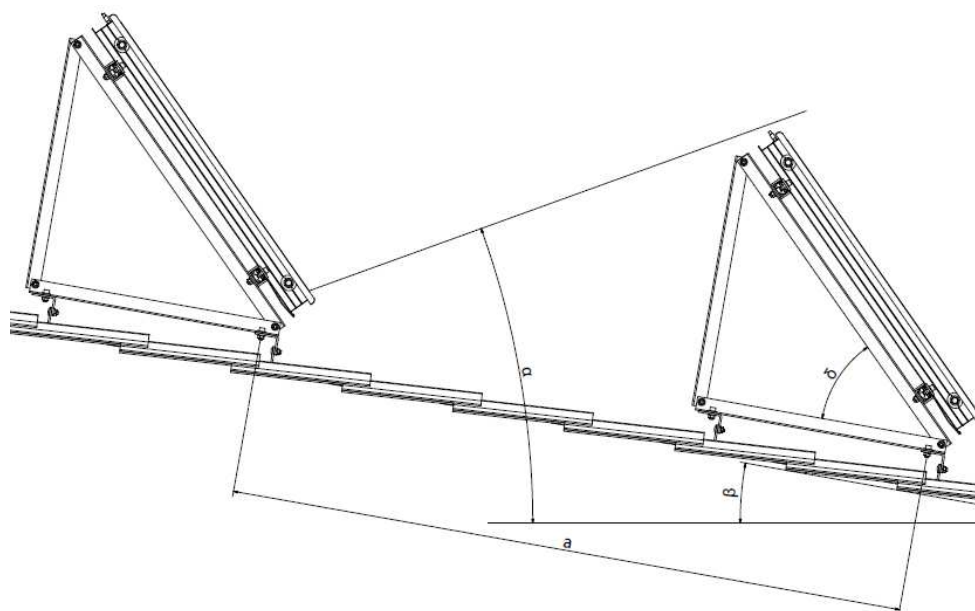
Lopuksi kattotiilet asennetaan paikalleen keräinten ympärille. Tiilien leikkaaminen sopivan kokoiseksi voi olla tarpeen joissakin tapauksissa. (NIBE Energy System Oy.)

5.1.3 Keräimen asennus 45° jalustoille

Kun keräimet asennetaan jalustoille, täytyy ensin määrittää paneelien sijoituspaikka. Sijoituspaikka on tärkeä etenkin, jos keräimiä asennetaan useampaan riviin. Tässä tilanteessa edessä olevat keräimet eivät saa varjostaa taampana olevia keräimiä. Alla olevat taulukko 3 ja kuva 43 auttavat määrittämään rivien etäisyyden. Taulukon 3 rivivälit eroavat kohdan 4.2 taulukosta 1, koska tässä on käytetty NIBE Solar FP 215 P/PL keräimen mittoja. (NIBE Energy System Oy.)

Taulukko 3. Riviväli kattokaltevuuksille ja jalustuskulmille varjostuskulman ollessa 20° (NIBE Energy System Oy).

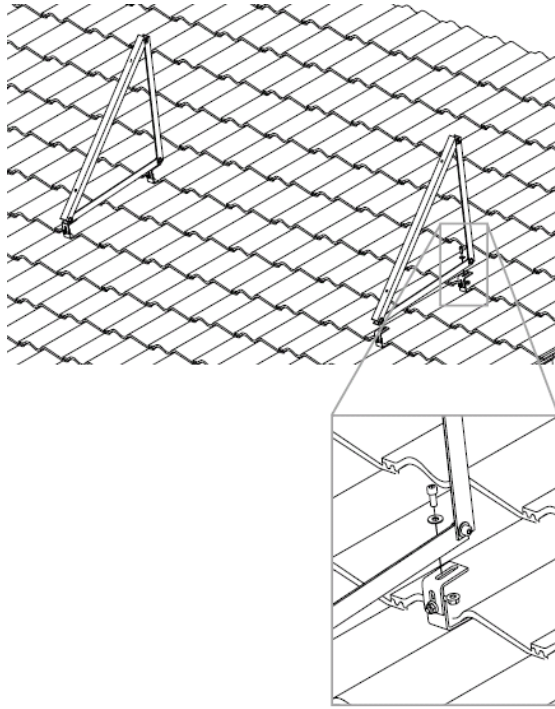
Katon kaltevuus β	Riviväli a		
	Jalustakulma $\delta = 45^\circ$	Jalustakulma $\delta = 35^\circ$	Jalustakulma $\delta = 25^\circ$
0°	3700 mm	3350 mm	3200 mm
10°	2700 mm	2500 mm	2550 mm
20°	2150 mm	2100 mm	2190 mm
30°	1800 mm	1800 mm	1950 mm
40°	-	-	1880 mm



Kuva 43. Rivivälin määrittäminen. Varjostuskulma α , katon kaltevuus β , kallistuskulma δ (NIBE Energy System Oy).

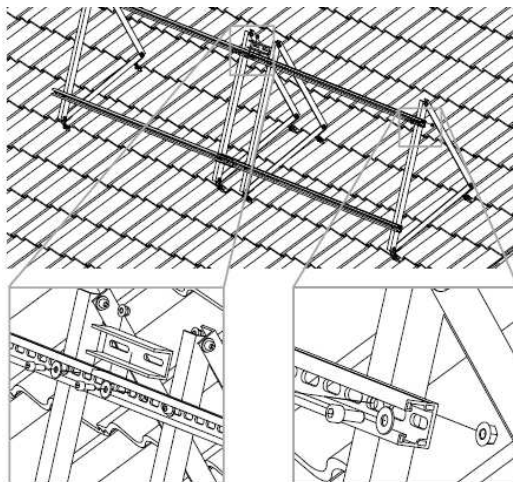
Kun asennuspaikat on määritelty, asennetaan katolle kiinnitystelineet samaan tapaan kuin kohdassa 5.1.1. Tämän jälkeen asennusjalusta asennetaan kiinni-

tystelineisiin ruuveilla, aluslevyillä ja muttereilla. Kuvassa 44 näkyy asennusjalustan kiinnittäminen kattokiinnitystelineisiin. (NIBE Energy System Oy.)



Kuva 44. Asennusjalustan kiinnitys kattokiinnitystelineisiin (NIBE Energy System Oy).

Kun asennusjalustat ovat paikallaan, kiinnitetään niihin asennuskiskot. Kiskot kiinnitetään jokaiseen asennusjalustaan ja niiden täytyy olla yhdensuuntaiset. Mikäli kiskoja on useampi peräkkäin, ne täytyy liittää yhteen, kuten kuvassa 29 on aiemmin esitetty. Kuvassa 45 esitetään asennuskiskojen asennus. (NIBE Energy System Oy.)



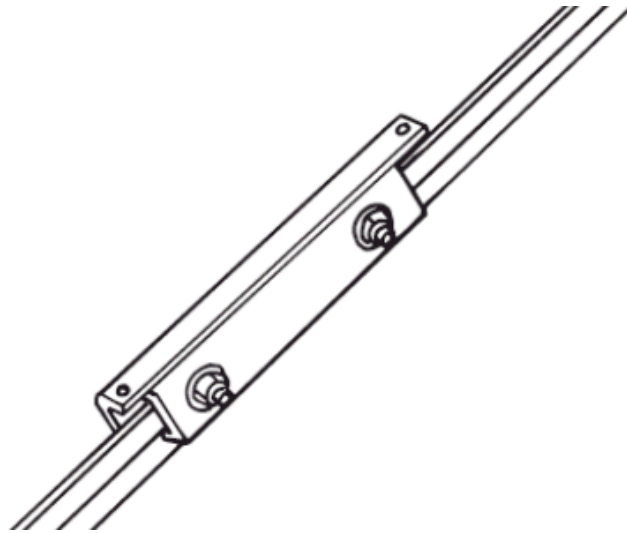
Kuva 45. Asennuskiskojen asennus. (NIBE Energy System Oy).

Tästä eteenpäin asennus tapahtuu kuten kohdassa 5.1.1 asentamalla aurinkokeräimet asennuskiskoille.

5.2 Asennus peltikatolle

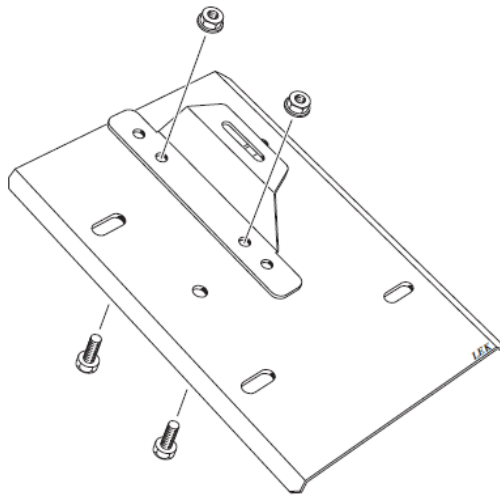
Käytettävät kattokiinnikkeet ovat erilaiset riippuen siitä, onko asennuskohdeessa konesaumattu peltikatto vai profiilipeltikatto. Tässä kappaleessa esitetään kiinnitysratkaisut molemmissa tapauksissa.

Aurinkokeräimen asennus konesaumatulle peltikatolle on yksinkertaista. Se tapahtuu alla olevan kuvan mukaisilla saumakiinnitysosilla. Kiinnitysosien ulokkeiden täytyy tulla peltikaton sauman alle. Saumakiinnitysosien jälkeen asennus tapahtuu samaan tapaan kuin kohdassa 5.1.1 tai 5.1.3 riippuen ratkaisusta. (NIBE Energy System Oy.)



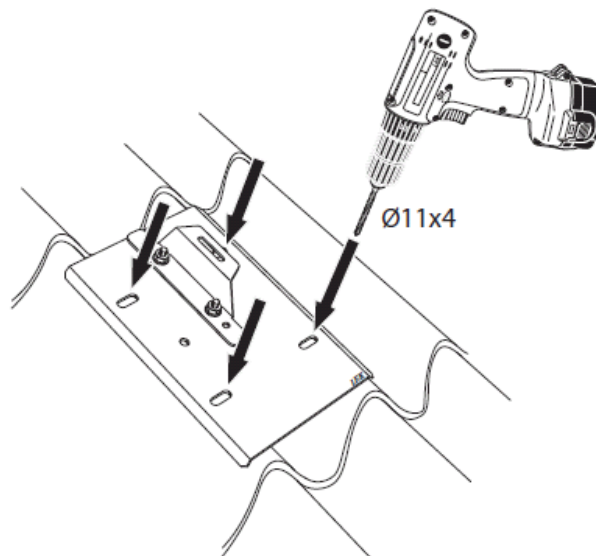
Kuva 46. Kattokiinnitysosa konesaumatulle peltikatolle (NIBE Energy System Oy).

Profiilipeltikatolle keräin kiinnitetään kiinnityspellillä. Asennus alkaa siitä, että peltiin asennetaan sovitin. Sovitin on osa, jonka päälle asennuskiskot tulevat. Sovitin kiinnitetään kahdella ruuvilla ja laippamuttereilla. Kuvassa 47 näkyy, kuinka sovitin asennetaan kiinnityspeltiin. (NIBE Energy System Oy.)



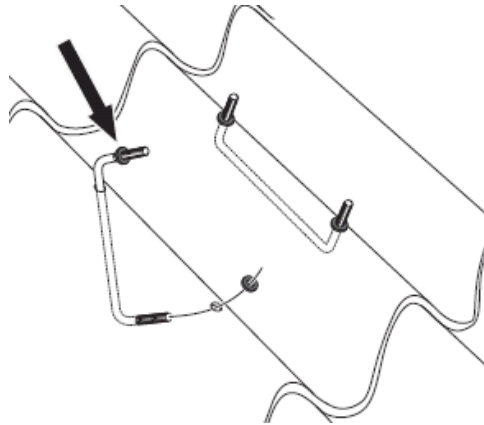
Kuva 47. Kiinnityspelti ja sovitin (NIBE Energy System Oy).

Tämän jälkeen kiinnityspelti asetetaan haluttuun kiinnityskohtaan. Kun pelti on oikealla paikalla, niin pellin ruuvinreikien kohta piirretään kattoon. Piirrettujen merkkien avulla peltikattoon porataan reiät 11mm poralla kiinnitystä varten. Kuvassa 48 on esitelty pellin paikka ja kohdat, joihin porataan reikä. (NIBE Energy System Oy.)



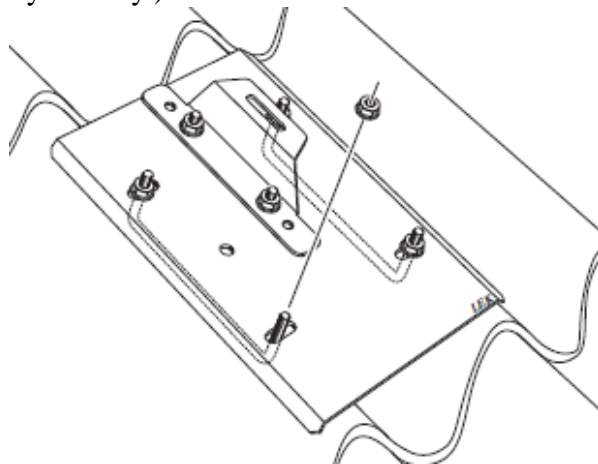
Kuva 48. Kiinnityspellin asennuspaikka profiilipeltikatossa (NIBE Energy System Oy).

Kun reiät on porattu, pujotetaan reikien läpi U-ruuvi. Kuvassa 49 näkyy U-ruuvin pujotus. Nuolella merkittyyn kohtaan tulee kumitiiviste. Kun U-ruuvi on pujotettu, kannattaa se lukita muttereilla, jottei se putoa pois paikaltaan. (NIBE Energy System Oy.)



Kuva 49. U-ruuvien pujotus (NIBE Energy System Oy).

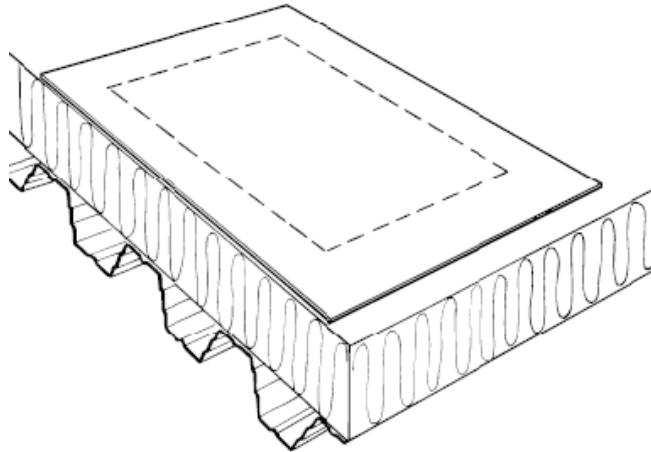
Tämän jälkeen asennuspelti kiinnitetään kattoon U-ruuvien ja laippamuttereiden avulla. Alla on kuva asennuspellin kiinnityksestä kattoon. Tästä eteenpäin asennus tapahtuu kohdan 5.1.1 tai 5.1.2 mukaan riippuen siitä asennetaanko keräimet suoraan asennuskiskoille vai tuleeko väliin teline. (NIBE Energy System Oy.)



Kuva 50. Asennuspellin kiinnitys profiilipeltikattoon (NIBE Energy System Oy).

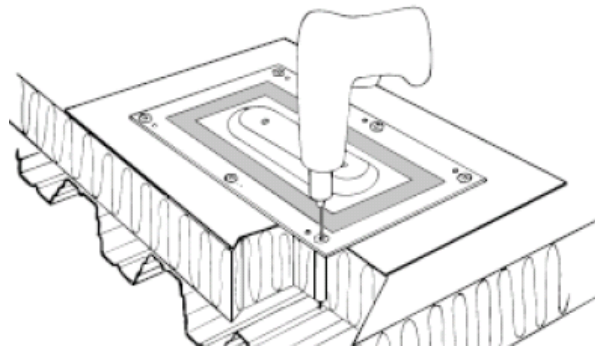
5.3 Asennus huopakatolle

Huopakatolle asennus tapahtuu korotetun tiivistepellin avulla. Asennus alkaa siitä, että pellin asennuspaikalle laitetaan peltiä suurempi huopapala liimapuoli ylöspäin. Alla olevassa kuvassa näkyy huopapalan suuruus suhteessa pellin kokoon. Katkoviivalla piirretty suorakulmio on tiivistepelti. (NIBE Energy System Oy.)



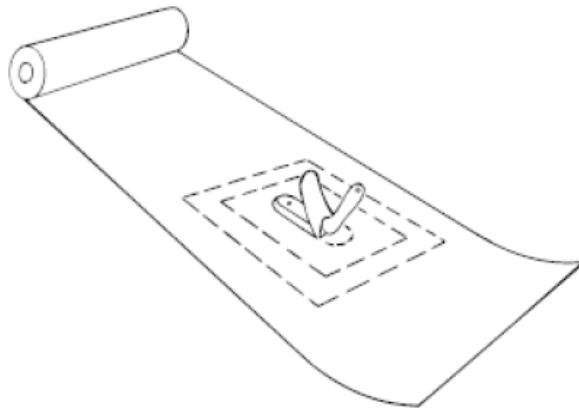
Kuva 51. Tiivistepellin paikka (NIBE Energy System Oy).

Tämän jälkeen huopapala ja pelti kiinnitetään kattoon vähintään neljällä ruuvilla. Ruuvien määrät täytyy miettiä tapauskohtaisesti paikallisten olosuhteiden mukaan. Jos paneelit nostetaan pystyasentoon, lisäävät tuulikuormat ruuvien määrän tarvetta. Seuraavassa kuvassa on tiivistepellin kiinnitys. (NIBE Energy System Oy.)



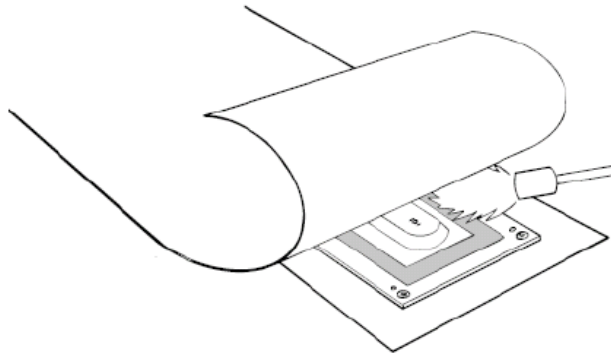
Kuva 52. Tiivistepellin kiinnittäminen (NIBE Energy System Oy).

Kun tiivistepelti on kiinnitetty, levitetään sen päälle kattohuopa. Jos asennus tapahtuu jo valmiille katolle, niin 1000 mm x 1500 mm kokoinen huopapala riittää. Huopaan leikataan reikä tiivistepellin pullistuman mukaan. Seuraavassa kuvassa on esitelty huovan levittäminen ja reiän leikkaaminen. (NIBE Energy System Oy.)



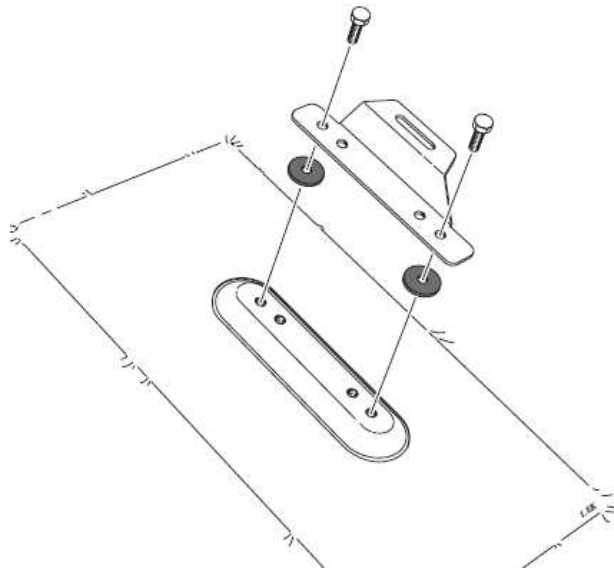
Kuva 53. Kattohuovan asettaminen tiivistepellin päälle (NIBE Energy System Oy).

Huopaa täytyy kuumentaa tiivistelevyn reikien kohdalta, jotta pellin alla ja päällä olevat levyt liimautuvat yhteen. Kuvassa 54 näkyy tämän kohdan toteutus. (NIBE Energy System Oy.)



Kuva 54. Kattohuovan lämmittäminen (NIBE Energy System Oy).

Seuraavaksi tiivistepeltiin asennetaan kiinnitin, johon asennuskiskot tulevat. Asennus tapahtuu seuraavan kuvan mukaisesti kahdella ruuvilla. Tiivistepellin ja kiinnittimen väliin täytyy muistaa laittaa tiivisteet, jotta liitos olisi vedenpitävä. (NIBE Energy System Oy.)



Kuva 55. Kiinnikkeen asennus tiivistepeltiin (NIBE Energy System Oy).

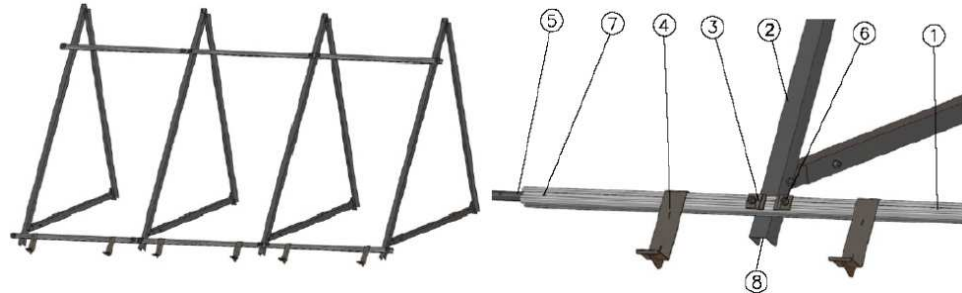
Tästä eteenpäin asennus tapahtuu kohdan 5.1.1 tai 5.1.2 mukaan riippuen siitä asennetaanko keräimet suoraan asennuskiskoille vai tuleeko väliin teline. (NIBE Energy System Oy.)

5.4 Seinäasennus

Seinäasennukseen on valittava seinä, joka osoittaa mahdollisimman etelään. Seinäasennuksessa varjot on otettava erityisesti huomioon, koska seinälle osuu enemmän varjoja kuin katolle.

5.4.1 KSH aurinkokeräimen asennus

Tässä kappaleessa esitetään KSH aurinkokeräimen seinäasennus. Alla olevis-
sa kuvissa näkyy asennustelineet ja sen osat.



Kuva 56. Seinäasennusteline (Kospel Oy).

Kuvassa 56 numeroidut osat on lueteltu alla olevassa taulukossa. Taulukossa näkyy myös osien määrä suhteessa keräimien määrään.

Taulukko 4. KSH asennustelineen osaluettelo (Kospel Oy).

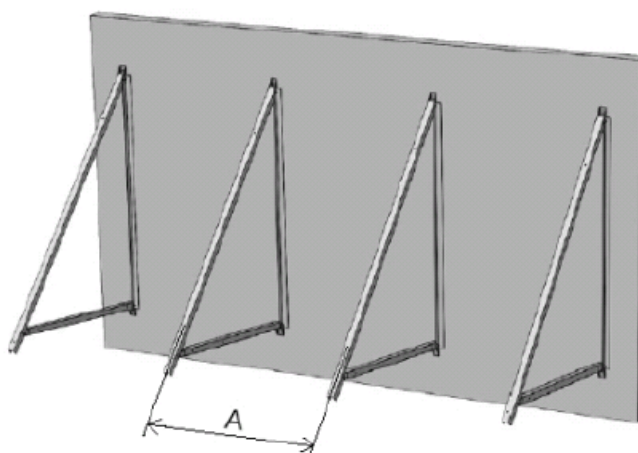
Keräimien määrä		1	2	3	4	5
Nr	Kuvaus	Määrä				
1	Profiilikisko	2	2	4	4+2	4+2
2	Runko	4	6	8	10	12
3	Puristuskiinnike	4	8	12	16	20
4	Keräimen kiinnityskoukku	2	4	6	8	10
5	Profiilikiskon jatkokiinnike	0	0	2	4	4
6	Lukitusruuvi (ruuvi M8x20, aluslevy, hammastettu jousilaatta, mutteri M8)	8 set.	14 set.	20 set.	26 set.	32 set.
7	Itsekiinnittyvä ruuvi	0	0	4	8	8
8	Puuruuvi 6 x 40	4	6	8	10	12

Asennus alkaa telineen rungon kokoamisella. Ylemmässä kiskossa on reikiä, joiden avulla määrätään keräimen kulma. Vaihtoehdot ovat 30, 45 tai 60 astetta. Tarvittaessa kiskoon voidaan porata lisää reikiä. Kehyksen telineet kiinnitetään ankkuripulteilla. Niiden avulla telineestä tulee vakaa. Alla olevassa kuvassa näkyy rungon kokoaminen. (Kospel Oy.)



Kuva 57. Rungon kokoaminen (Kospel Oy).

Rungot asennetaan seinään tasaisin välein. Runkojen etäisyys toisiinsa riippuu keräimien lukumäärästä. Alla oleva kuva ja taukukko selventävät runkojen etäisyyttä toisiinsa. (Kospel Oy.)



Kuva 58. Telineiden kiinnitys seinään (Kospel Oy).

Taulukko 5. Telineiden etäisyys toisistaan (Kospel Oy).

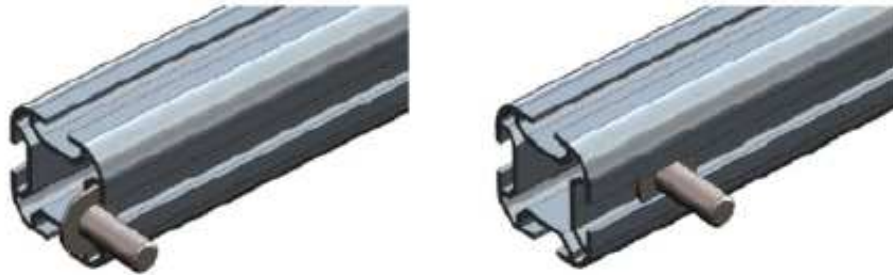
Keräimien määrä	1	2	3	4	5
Mitta	Mitta (mm)				
A	960	1050	1080	1095	1100

Tämän jälkeen runkojen päälle kiinnitetään asennuskiskot. Jos keräimiä on alle kolme, riittävät yhdet kiskot. Mikäli keräimiä on kolme tai useampia, täytyy asennuskiskoja olla useampia. Asennuskiskot täytyy tällöin liittää toisiinsa jatkokiinnikkeellä. Jatkokiinnike on molempien kiskojen sisään laitettava kappale, joka kiristetään paikalleen alla olevan kuvan mukaisesti. Lukitusruuvi on noin 50 mm kiskon reunasta. (Kospel Oy.)



Kuva 59. Asennuskiskojen kiinnitys toisiinsa (Kospel Oy).

Kun kiskot on liitetty toisiinsa, asetetaan niihin ruuvit, joiden avulla kiskot kiinnitetään runkoihin. Alla olevissa kuvissa 60 ja 61 on esitetty ruuvien asettaminen kiskoon ja kiskon asennus runkoon. (Kospel Oy.)

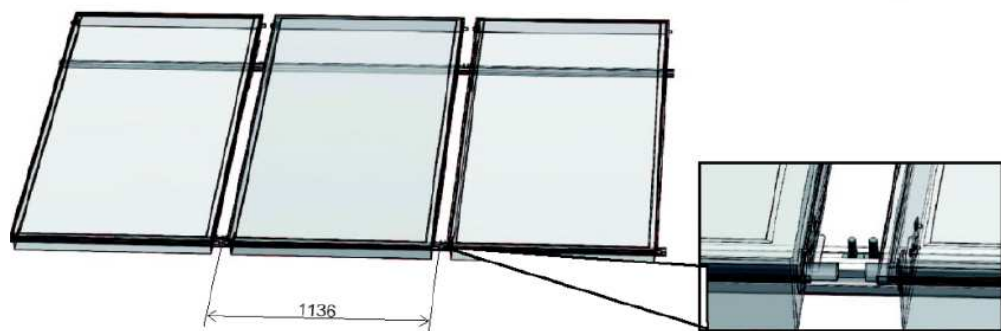


Kuva 60. Ruuvin asettaminen kiskoon (Kospel Oy).



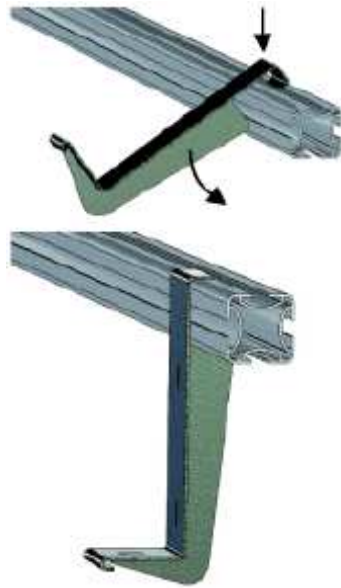
Kuva 61. Kiskon kiinnitys runkoon (Kospel Oy).

Jokaisen keräimen väliin tulee kaksi puristuskiinnikettä, joilla keräimet lukitaan paikalleen. Kiinnikkeet asetetaan tässä vaiheessa suunnilleen oikeille paikoilleen. Tarkka paikka katsotaan vasta keräimien asentamisen yhteydessä. Puristuskiinnittimet asennetaan samalla tavalla kuin kuvassa 60. Alla olevassa kuvassa näkyy kiinnikkeiden paikat. Kiinnikkeiden välinen etäisyys on 1136 mm. (Kospel Oy.)



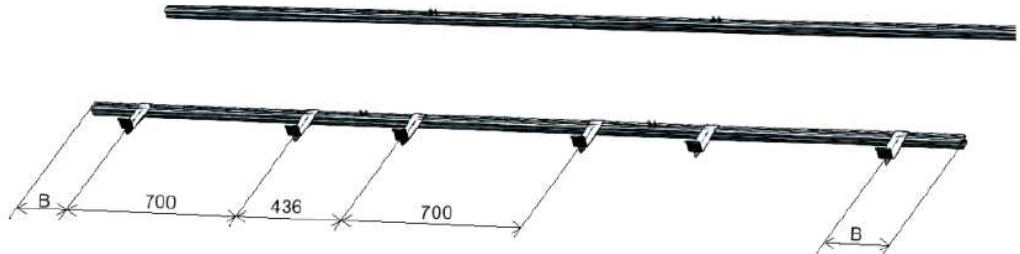
Kuva 62. Puristuskiinnikkeiden paikat. (Kospel Oy)

Ennen keräimien paikalleen laittamista täytyy asennuskiskoon kiinnittää keräimen kiinnityskoukut kuvan 63 mukaan. (Kospel Oy.)



Kuva 63. Keräinkoukkujen asennus (Kospel Oy).

Koukkujen etäisyys toisistaan on joka toisessa välissä 700 mm ja joka toisessa 436 mm. Etäisyys asennuskiskojen päädyistä määräytyy keräimien lukumäärän perusteella. Seuraavassa kuvassa ja taulukossa näkyvät koukkujen asennuskohdat. (Kospel Oy.)

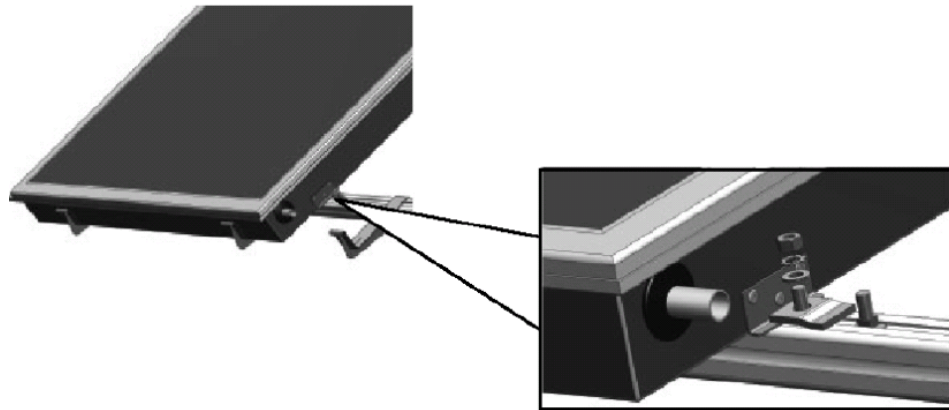


Kuva 64. Keräinkoukkujen asennuspaikat (Kospel Oy).

Taulukko 6. Keräinkoukkujen etäisyys kiskon päädyistä (Kospel Oy).

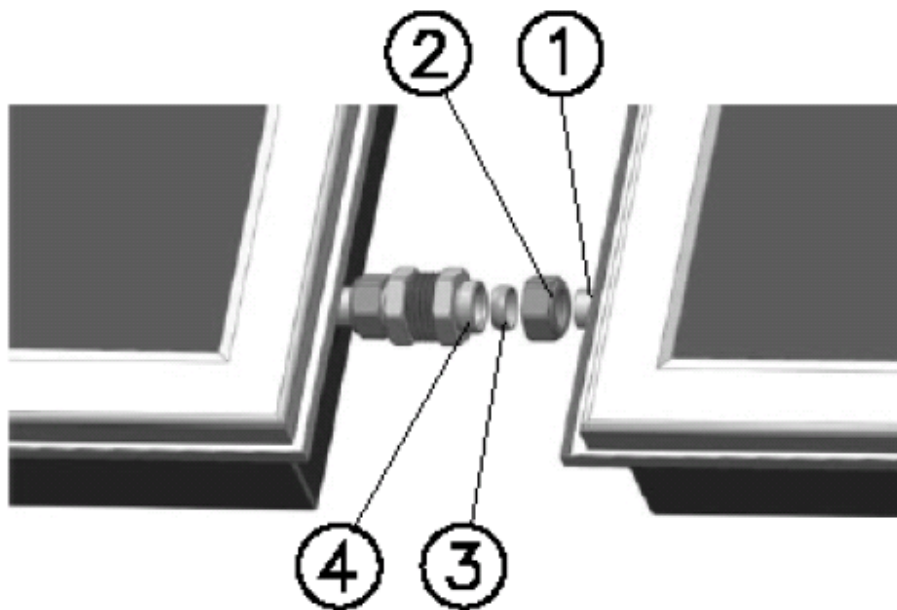
Keräimien määrä	1	2	3	4	5
Mitta	Mitta [mm]				
B	225	227	224	231	243

Kun keräinkoukut ovat paikallaan, asennetaan keräimet. Tässä vaiheessa puristinkiinnike kohdistetaan oikeaan kohtaan kuten alla olevassa kuvassa. Keräimien etäisyys toisistaan on 64 mm. (Kospel Oy.)



Kuva 65. Keräimien kiinnitys (Kospel Oy).

Lopuksi keräimet liitetään yhteen nestekiertoletitännän avulla alla olevan kuvan mukaisesti. Kuvassa osat on merkitty numeroilla. Numero 1 on keräimen putki, numero 2 on mutteri, numero 3 on helmiliitos ja numero 4 on yhdistyskappale. (Kospel Oy.)



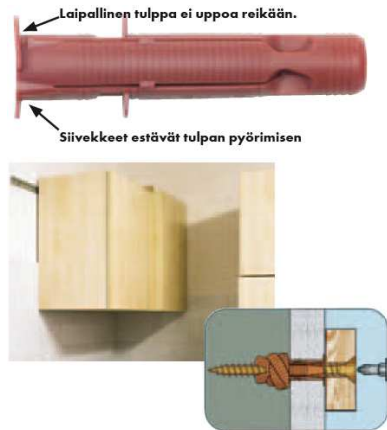
Kuva 66. Keräimien kiinnitys toisiinsa (Kospel Oy).

5.4.2 Seinään kiinnittäminen

Kuten kohdassa 3.2 todetaan, YIT:n käyttämissä seinissä julkisivun materiaali on betonia, tiiltä tai se on rapattu. Tässä kohdassa esitetään Würth Oy:n kiinnitystarvikkeita, jotka soveltuvat betoni- ja tiiliseinään. Tässä on esitetty keskiraskaisiin ja raskaisiin kuormituksiin tarkoitettuja kiinnitystarvikkeita.

Shark-W-ZX:

Shark-W-ZX on yleistulppa keskiraskaisiin kuormituksiin. Sitä on mahdollista käyttää ulkotiloissa. Shark W-ZX soveltuu kiinnitettäväksi kiveen, betoniin, kevytbetoniin, umpitiileen, reikätiileen ja kipsilevyyn. (Wurth Oy.)



Kuva 67. Shark-W-ZX (Wurth Oy).

Karmiankkuri W-ETA:

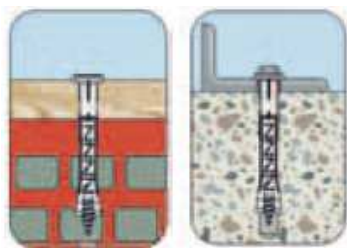
Soveltuu keskiraskaisiin kiinnityksiin kiveen, betoniin, kevytbetoniin, umpitiileen, reikätiileen ja kevytsoraan. Käyttökohteita ovat muun muassa kattosennukset ja julkisivukiinnitykset. (Wurth Oy.)



Kuva 68. Karmiankkuri W-ETA (Wurth Oy).

Seinätulppa W-RD:

Soveltuu kivelle, betonille, kevytbetonille, umpitiilelle, reikätiilelle ja kevytsoralle. Tuote on tarkoitettu keskiraskaille kuormituksille. (Wurth Oy.)



Kuva 69. W-RD seinätulppa asennettuna reikätiileen ja kiveen (Wurth Oy).

Kumimutteri:

Kumimutterilla on ”rajattomat käyttömahdollisuudet”. Se soveltuu kiinnitettäväksi kiveen, betoniin, kevytbetoniin, umpitiileen, reikätiileen, kevytsoraan ja kipsilevyyn. (Wurth Oy.)



Kuva 70. Kumimutteri (Wurth Oy).

Lyöntiankkuri:

Lyöntiankkuri soveltuu keskiraskaisiin ja raskaisiin kuormituksiin betoniin. Ankkuri laitetaan betonissa olevaan reikään, minkä jälkeen ankkurin sisällä oleva kiila isketään sisään. Tällöin ankkuri laajenee ja lukittuu paikalleen. Ankkurissa on sisäkierre. (Wurth Oy.)



Kuva 71. Lyöntiankkuri (Wurth Oy).

PFG-ankkuri:

PFG-ankkuri on mahdollista käyttää keskiraskaisiin kiinnityksiin kiveen, betoniin ja umpitiileen. Käyttökohteita ovat esimerkiksi laite- ja yleisasennukset. (Wurth Oy.)



Kuva 72. PFG-ankkuri ja kiinnitys (Wurth Oy).

Kiila-ankkurit:

Kiila-ankkurit sopivat keskiraskaisiin ja raskaisiin kivi- ja betoniasennuksiin. Tuote on asennusvalmis ja helppo asentaa. (Wurth Oy.)



Kuva 73. Kiila-ankkuri (Wurth Oy).

5.5 Muut ratkaisut

Tässä kappaleessa esitellään muita mahdollisia ratkaisuja aurinkoenergian hyödyntämiseen.

5.5.1 Ruukki Liberta Solar julkisivukasetti

Liberta Solar on Ruukin valmistama julkisivukasetti, joka tuottaa sähköä auringon säteilystä. Se käyttää hyväkseen sekä auringon suoraa säteilyä että hajasäteilyä. Se siis tuottaa sähköä myös pilvisellä säällä. Kasettien teho on 120 Wp/m². Esimerkiksi Helsingin alueella, etelään suunnatulla seinällä, 100 m² Liberta Solar kasetteja tuottaa noin 8070 kWh sähköä vuodessa. Koska aurinkoenergia ei aiheuta käytössä päästöjä, niin edellisen esimerkin tilanteessa

Aurinkopaneelien kiinnitys eri katto- ja seinämateriaaleihin

voidaan hiilidioksidipäästöjä pienentää 7130 kg vuodessa. (Rautaruukki Oyj. Aurinkopaneeli: Liberta Solar Julkisivukasetti.)

Liberta Solar järjestelmän ei tarvitse kattaa koko julkisivua, koska se on osa Ruukki® Design Palette tuoteperhettä. Eli Liberta Solar kasetteja voidaan yhdistellä muiden Ruukin julkisivukasettien kanssa. Tällöin sähköä tuottavien kasettien määrä voidaan mitoittaa tarpeen mukaan. (Rautaruukki Oyj. Aurinkopaneeli: Liberta Solar Julkisivukasetti.)

Alla olevassa kuvassa on Liberta Solar julkisivukasetteja.



Kuva 74. Liberta Solar (Rautaruukki Oyj. Aurinkopaneeli: Liberta Solar Julkisivukasetti).

6 ASENNUSRATKAISUJEN VERTAILUA

Aurinkopaneelien asentaminen katolle on huoltomahdollisuuksien kannalta parempi ratkaisu kuin seinälle asentaminen. Esimerkiksi paneelien päälle satava lumi on helpompi pyyhkiä pois katolla. Seinälle asennettujen paneelien huoltoon tarvittaisiin henkilönostin tai teline.

Tehokkuuden kannalta katto on parempi asennuskohde kuin seinä, koska muut rakennukset ja puut varjostavat kattoa vähemmän kuin seinää. Aurinkopaneeli toimii tehokkaammin viileässä kuin lämpimässä. Katolla tuuli viilentää paneeleita enemmän kuin seinällä. Varsinkin tasakatolle aurinko paistaa pidemmän ajan päivässä kuin muille katoille ja paneelit voidaan suunnata eri ilmansuuntiin. Seinällä paneelit voidaan asentaa vain yhteen suuntaan.

Katolla olevat paneelit ovat paremmin piilossa, eivätkä muokkaa rakennuksen ulkonäköä yhtä paljon kuin seinällä olevat paneelit. Tästä syystä luvat kattoasennukseen saa yleensä helpommin kuin seinäasennukseen. Lupa-asiat ovat kuitenkin neuvottelukysymyksiä, ja niistä päättää kunta. Kohdassa 5.5.1 esitetty Ruukin Liberta Solar julkisivukasetti on ulkonäöllisesti hyvä ratkaisu seinän valjastamiseen energian tuotantoon.

Seinäasennus on tietenkin parempi ratkaisu silloin kun, rakennuksen katolla asioidaan paljon. Tällöin katolla olevat aurinkopaneelit saattavat vaikeuttaa kulkemista.

Asennus tiilikatolle on siinä mielessä helppo ratkaisu, ettei vesikatteeseen tarvitse porata reikiä. Tällöin katon vesitiivyydestä ei tarvitse huolehtia yhtä paljon kuin esimerkiksi profiilipeltikatolla. Peltikatolla vesikatteeseen porataan reikiä, jotka täytyy tiivistää huolella. Kaikille katoille kuitenkin löytyy toimiva asennusratkaisu, mikäli katto on tarpeeksi vahva aurinkopaneelien asentamiseen.

Asennusratkaisu seinäasennuksessa on samanlainen riippumatta seinän materiaalista. Ainoastaan seinäkiinnikkeet ovat erilaiset. Eniten kiinnittimiä löytyy betoniseinälle. Tiilimuuraukseen löytyy myös erilaisia proppuja. Rapattuun seinään kiinnittämiseen ei löytynyt tietoa, se vaatii jatkoselvittelyä.

7 YHTEENVETO

Aurinkoenergian hyödyntäminen on mahdollista myös Suomessa pohjoisesta sijainnista huolimatta. Suomessa vuosittainen maahan tuleva säteily on suuruudeltaan vajaa 1000 kWh/m². Tästä energiasta voidaan saada aurinkopaneelilla talteen 15-20 % ja aurinkokeräimellä enimmillään 85%.

Aurinkopaneelit asennetaan yleensä rakennuksen katolle tai eteläseinälle. Aurinkopaneelit tulisi suunnata siten, että aurinko paistaisi niihin mahdollisimman pitkään. Suomessa kiinteästi asennetulle paneelille optimaalinen asennussuunta on etelään 45 asteen kulmassa. Pienet poikkeamat tähän suuntaan eivät kuitenkaan vaikuta merkittävästi paneelista saatavaan tehoon.

Aurinkopaneelien käyttöä suunniteltaessa on Suomessa otettava huomioon auringon säteily määrän epätasaisuus. Kesällä aurinko paistaa lähes koko ajan, mutta talvella ei juuri ollenkaan. Talvella lumen kertyminen paneelien pinnalle haittaa sen toimintaa. Tästä syystä Suomessa paneelit tulisi asentaa vähintään reilun 20° kulmaan, jotta satava lumi valuisi pois paneelin pinnalta. Myös raon jättäminen paneelin ja katon väliin auttaa lumikuormien vähentämisessä, koska tällöin lumi pääsee valumaan paneelin alta. Muita huomionarvoisia asioita suunnittelussa on turvallisuus, huoltomahdollisuus ja ulkonäkö.

Eri kattomateriaaleille aurinkopaneelien asennusratkaisut ovat samanlaiset, lukuun ottamatta kiinnitysosaa. Kiinnitysosat määräytyvät katon materiaalin ja rakenteen mukaan. Seinäasennuksessa kiinnitys riippuu seinän materiaalista. Eniten kiinnikkeitä löytyy betoniseinälle. Myös tiiliseinälle löytyy hyvin kiinnikkeitä, mutta kiinnitys rapattuun seinään vaatii lisäselvityksiä.

Suomessa aurinkopaneelit eivät ole vielä kovin yleisiä toisin kuin Keski-Euroopassa. Suomessa paneelien asennusratkaisut kehittyvät ajan ja käytännön kokemusten myötä vastaamaan Suomen olosuhteita paremmin.

Tämän opinnäytetyön tavoite saavutettiin hyvin. Siitä tuli tiivis tietopaketti aurinkoenergiasta ja kiinnitysratkaisuista, kuten pitikin.

LÄHTEET

AmePlan Oy, Sijoituspaikkaohjeet.

Viitattu 1.10.2012

<http://www.ameplan.fi/windsolar/GYTECH%20asennusohje.pdf>

Aurinkoenergia.fi. Aurinkoenergia.

Viitattu 10.9.2012

<http://www.aurinkoenergia.fi/Info/23/aurinkoenergia>

Aurinkopaneeli.org. Aurinkopaneelin asennus.

Viitattu 3.10.2012

<http://www.aurinkopaneeli.org/aurinkopaneelin-asennus/>

Aurinkopaneeli.org. Toimintaperiaate.

Viitattu 18.9.2012

<http://www.aurinkopaneeli.org/aurinkopaneelin-toimintaperiaate/>

Aurinkotukku.

Viitattu 27.09.2012

http://www.aurinkotukku.fi/media/catalog/product/cache/1/image/500x500/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/t/a/tasoker_in.jpg

Blogi.foreca

Viitattu 11.9.2012

http://blogi.foreca.fi/wp-content/uploads/2012/03/g13_00y1000.png

Energiapolar. Arvioi sähkönkulutuksesi.

Viitattu 5.10.2012

<http://www.energiapolar.fi/fi/Kotitaloudet/Tarjouslaskuri/Arvioi-sahkonkulutus>

Energiateollisuus ry. Fuusioenergia

Viitattu 10.9.2012

<http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/energiالاhteet/fuusioenergia>

Generia Ky, Aurinkoenergia Suomessa.

Viitattu 11.9.2012

http://www.generia.fi/aurinkoenergia_suomessa/

Generia Ky, Aurinkopaneelien mitoitus

Viitattu 5.10.2012

http://www.generia.fi/aurinkopaneelien_mitoitus/

Generia Ky, Aurinkopaneelin asennus.

Viitattu 14.9.2012

http://www.generia.fi/aurinkopaneelin_asennus/

Genergia Ky, Aurinkosähköjärjestelmä.

Viitattu 5.10.2012

<http://www.genergia.fi/aurinkosahkojarjestelma>

Helsingin teknillinen yliopisto.

Viitattu 12.9.2012

<http://tfy.tkk.fi/aes/AES/projects/renew/pv/pv-toiminta.html>

Helsingin yliopisto. Valosähköinen ilmiö.

12.9.2012

http://per.physics.helsinki.fi/FTK2011/Valosah_ohje.pdf

JVT-Energia. CPT-tyhjiöputkikeräin.

Viitattu 18.9.2012

<http://jtv-energia.fi/pdf/CPC-tyhjioputkikeraimet.pdf>

Kattoliitto. Toimivat katot 2007

Viitattu 26.10.2012

http://www.kattoliitto.fi/files/238/Toimivat_Katot_07.pdf

Kospel Oy. Asennus- ja käyttöohjeet KSH tasokeräimille.

Viitattu 7.11.2012

<http://www.huipputuotteet.fi/pdf/KSH-20-ohjekirja.pdf>

Motiva Oy. Auringosta lämpöä ja sähköä.

Viitattu 10.9.2012

http://www.motiva.fi/files/2220/AurinkoEnergia_www.pdf

NAPS SYSTEMS OY, 2009. Aurinkosähköjärjestelmän asennus- ja käyttö-
opas.

Viitattu 1.10.2012

http://www.sahko.fi/UserFiles/humalistonsahko/File/Asennusohjeet/as_ohje.pdf

NIBE Energy System Oy. Asentajan käsikirja

Viitattu 5.11.2012

http://onninen.procus.fi/documents/original/12712/6/0/5289602_069056_K%C3%A4ytt%C3%B6ohje.PDF

Paroc. Ulko- ja väliseinät

Viitattu 31.10.2012

<http://www.paroc.fi/ratkaisut-tuotteet/ratkaisut/ulko-ja-valiseinat>

Profil.

Viitattu 27.09.2012

http://www.profil.fi/solimpeks/soheat_58_1800-20.jpg

Rautaruukki Oyj. Aurinkopaneeli: Liberta Solar Julkisivukasetti.
Viitattu 8.10.2012

<http://www.ruukki.fi/Tuotteet-ja-ratkaisut/Rakentamisen-ratkaisut/Julkisivuverhoukset/Liberta-Solar--julkisivu--rakennukseen-integroitavat-aurinkopaneelit/Aurinkopaneeli-Liberta-Solar-julkisivukasetti#tab4>

Rautaruukki Oyj. Esimerkkejä T&K:sta rakentamisen liiketoiminnassa
Viitattu 19.10.2012

<http://www.ruukki.fi/Tietoa-yhtiosta/Tutkimus-ja-kehitys/Esimerkkeja-TKsta-rakentamisen-liiketoiminnassa>

Rautaruukki Oyj, Tietoa teräskatoista.
Viitattu 12.11.2012

<http://www.ruukkikatot.fi/Kaikki-katoista/Tietoa-teraskatoista>

Solarquotes. Types Of Solar Panels Available.

Viitattu 18.09.2012

<http://www.solarquotes.com.au/types-of-solar-panel.html>

Solpros Ay, 2000. Heidtun Faninger-Lund, Peter Lund. Aurinkolämmön itse-rakennusopas.

Viitattu 26.9.2012

<http://www.kolumbus.fi/solpros/reports/SolarGuide.PDF>

Solpros Ay, 2006. Aurinkolämpöjärjestelmien perusteet, mitoitus ja käyttö.

Viitattu 20.9.2012

<http://www.kolumbus.fi/solpros/reports/OPAS.pdf>

Suntekno, 2010. Aurinkoenergia ABC-opas 2010.

Viitattu 11.9.2012

<http://suntekno.bonsait.fi/resources/public/tietopankki//aurinkoenergia.pdf>

Tampereen kaupunki. Julkisivumuutokset.

Viitattu 8.10.2012

<http://www.tampere.fi/asuminenjarakentaminen/laitjaohjeet/rakentamistapaohjeet/julkisivumuutokset.html>

Tekniikka & talous, 2012. Ruotsalaiskeksintö tuo aurinkopaneeleihin roimasti paremman hyötysuhteen.

Viitattu 12.9.2012

<http://www.tekniikkatalous.fi/energia/ruotsalaiskeksinto+tuo+aurinkopaneeleihin+roimasti+paremman+hyotysuhteen/a817942>

ThermoSunEco Oy. Teknistä tietoa paneeleista.

Viitattu 1.10.2012

<http://www.thermosun.fi/Aurinkopaneelin-asennuspaikka>

Timo Jodat, 2012. Jodat Ympäristöenergia Oy

Viitattu 5.10.2012

https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/proagria_etelapohjanmaa/Palvelut/Tekniikka/ekotehokkuus/Julkaisut/Aurinkos%C3%A4hk%C3%B6.pdf

Wikipedia. Aurinkokeräin

Viitattu 18.9.2012

<http://fi.wikipedia.org/wiki/Aurinkoker%C3%A4in>

Wurth Oy. Kiinnitysopas

Viitattu 13.11.2012

http://www.wurth.fi/site/media/pdf/pdf/Wurth_Kiinnitysopas_2011.pdf

YIT:N RAKENNEKUVA TASAKATOSTA

YLIMÄKI TINKANEN	Työn nro		YP-1
	Päiväys	Tekijä	
Rakennuskohde/Käyttökohde YIT-MATALAENERGIATALO	Sisältö Ontelolaattayläpohja Kevytsoraeriste Kumibitumikermieriste, pinta siroteellinen		

1 Vedeneristys, käyttöluokka VE80; päällimmäinen kermi pintasiroteellinen kumibitumikermi, alimpana painetasausmatto, pisteliimattuna alustaan bitumilla B 95/35

40 mm 2 Tasausbetoni, puuhierto (sementtimäärä ≤ 250 kg/m³)

700-800 mm 3 Suodatinkangas

265 mm 4 Kevytsora, tuuletettu, kallistus $\geq 1:80$ jirissä

5 Höyrysulkukermi, TL 2 (K-MS), 200mm kaista saumojen kohdalla

6 Ontelolaatta, rakennepiirustusten mukaan

7 Pintakäsittely huoneselityksen mukaan

TOTEUTUS- JA SUUNNITTELUOHJEET:

- kevytsorakerroksen tuuletus (räystäät, alipainetuulettimet) rakennesuunnittelijan ja kevytsoratoimittajan ohjeen mukaan
- kevytsorakerroksen sijoitettavat teräsosat suojattava korroosiolta (tai AISI 316)
- U-arvo SrMk:n mukaan
- EPS 80 S KATTO lamda d =0,036 (laskenta SFS-EN ISO 6946 mukaan)

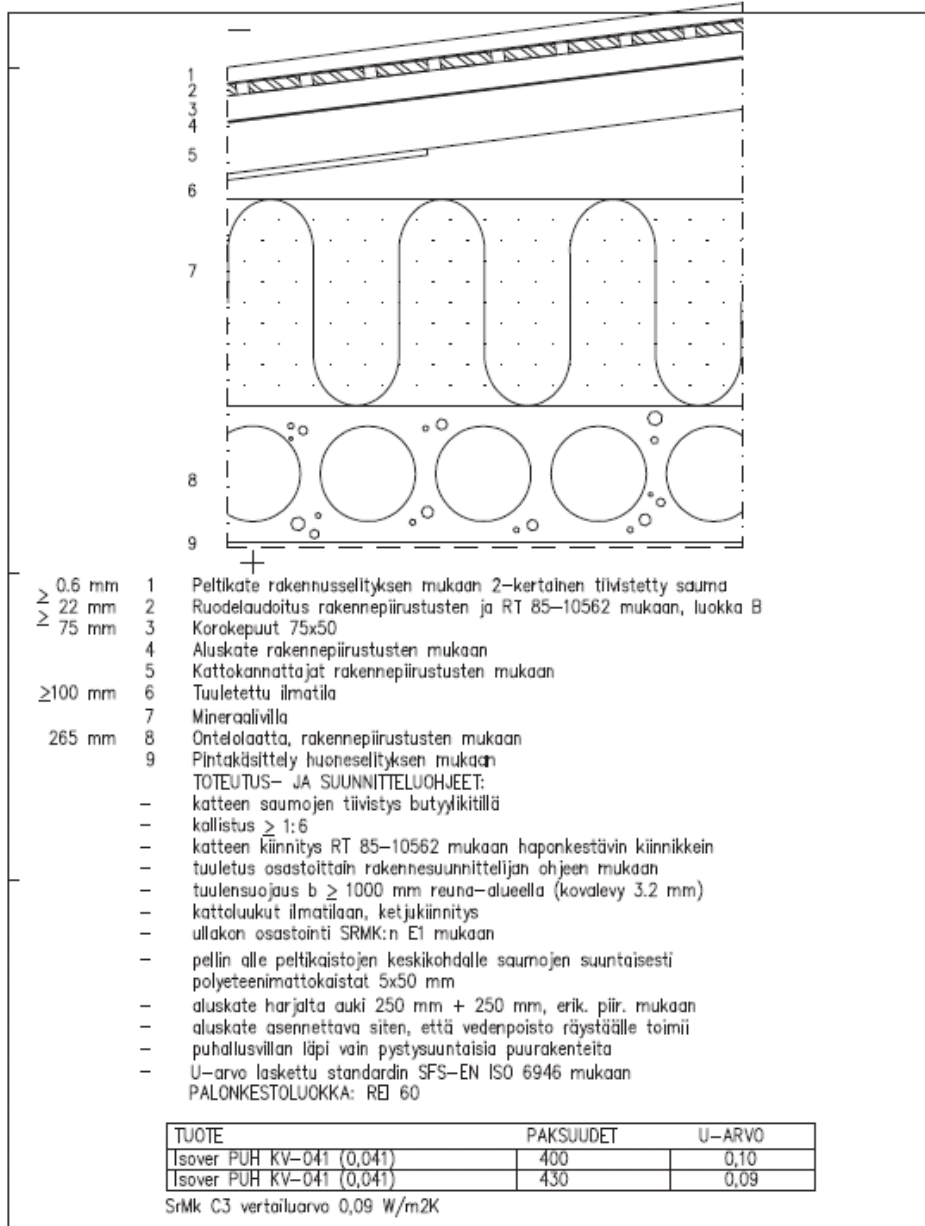
PALONKESTOLUOKKA: REI 60

TUOTE	PAKSUUDET	U-ARVO
Kevytsora (lambda n =0,1)	750	0,12
Kevytsora (lambda n =0,1)+ EPS80S (0,036)	600mm+150mm	0,09

SrMk C3 vertailuarvo 0,09 W/m²K

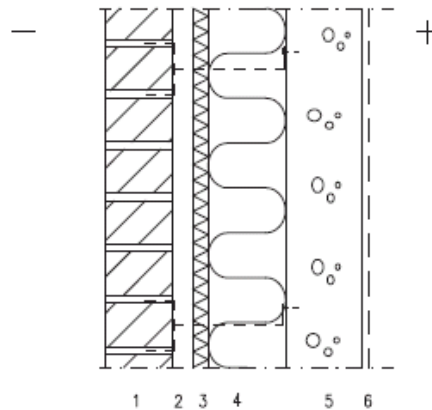
YIT:N RAKENNEKUVA HARJAKATOSTA

YLIMÄKI TINKANEN	Työn nro		YP 2
	Päiväys 20.04.2010	Tekijä JPYL	
Rakennuskohde/Käyttökohde YIT-MATALAENERGIATALO	Sisältö Ontelolaattayläpohja, tuuletettu ilmatila Puhallusvillaeriste Peltikate		



YIT:N RAKENNEKUVA, ULKOSEINÄ 1

YLIMÄKI TINKANEN	Työn nro		US 1
	Päiväys 20.04.2010	Tekijä JPYL	
Rakennuskohde/Käyttökohde YIT-MATALAENERGIATALO	Sisältö Betoniulkoseinä, kantava/ei-kantava elementti Mineraalivillalaeiste Tiiverhaus		



- | | | |
|--------|---|--|
| 130 mm | 1 | Tiilimuuraus rakennusselityksen mukaan (poltetut tiilet) |
| 40 mm | 2 | Ilmarako |
| | 3 | Tuulensuojamineraalivillalaevy |
| | 4 | Mineraalivilla |
| 150 mm | 5 | Teräsbetoni rakennepiirustusten mukaan |
| | 6 | Pintamateriaali ja -käsittely huoneselityksen mukaan |

TOTEUTUS- JA SUUNNITTELUOHJEET:

- ruostumattomat muuraussiteet $\geq \varnothing 4$ mm, ≥ 5 kpl/m² (Joma, Vipmek tai vastaava liukuside) rakennepiirustusten mukaan, kiinnitysosat ja ruuvit RST
- veden ja kosteuden poisto rakenteen alaosaan ja aukkojen päältä rakennesuunnittelijan ohjeen mukaan
- mineraalivillalaevyjen saumat limitettynä ≥ 100 mm
- mineraalivillalaevyjen kiinnitys mekaanisesti, 4 kpl/m²
- tuulensuojalaevy pontattu pitkiltä sivuilta. Tiivistys toimittajan ohj. mukaan.
- tuuletus rakennesuunnittelijan ohjeen mukaan
- tiilimuurauksen rauditus (RST), aukkopalkit, liikkunsaumat jne. rakennepiirustusten mukaan
- muuraustyön aikana alimmasta tiilikerroksesta joka 3. tiili pois tuuletusraon puhdistamisen takia
- U-arvo laskettu standardin SFS-EN ISO 6946 mukaan

Käytetyt korjauskertoimet:

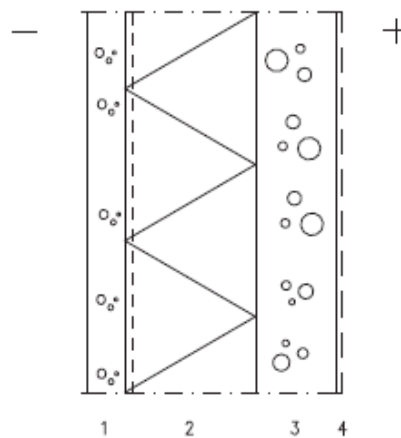
ilmarakojen korjaustekijä -
mekaanistenkiinn. korjaustekijä 0,005 W/(m²K)

TUOTE	PAKSUUDET	U-ARVO
Isover KL33 (0,033)+RKL-F (0,031)	150+30	0,17
Paroc Extra Plus (0,034)+Cortex (0,033)	150+50	0,16
Paroc Extra Plus (0,034)+Cortex (0,033)	150+30	0,18

SrMk C3 vertailuarvo 0,17 W/m²K

YIT:N RAKENNEKUVA, ULKOSEINÄ 2

YLIMÄKI TINKANEN	Työn nro		US 2
	Päiväys 20.04.2010	Tekijä JPYL	
Rakennuskohde/Käyttökohde YIT-MATALAENERGIATALO	Sisältö Betoniulkoseinä, kantava/ei-kantava sandwich-elementti Mineraalivillaeriste		



70 mm	1	teräsbetoninen ulkokuori rakennepiirustusten mukaan
240 mm	2	Ristiin uritettu urasuojattu mineraalivilla
150 mm	3	Teräsbetoni rakennepiirustusten mukaan
	4	Pintamateriaali ja -käsittely huoneselityksen mukaan

TOTEUTUS- JA SUUNNITTELUOHJEET:

- villan painuma otettu huomioon lämmönvastusta laskettaessa. (lämmönvastus laskettu 235mm mukaan)
- ansaiden läpiviennit tilkittävä
- ruostumattomat ansaat rakennepiirustusten mukaan
- lämmönriesteen tuuletus rakennesuunnittelijan ohjeen mukaan
- elementtien vaakasaumoihin tulevat tuuletuskotelot rakennepiirustusten mukaan tai tuuletusputket vähintään k 1000
- julkisivubetonin laatuvaatimukset ks. elementtityöselitys
- ulkokuoren jakaminen liikuntasauvoilla osiin rakennesuunnittelijan ohjeen mukaan
- ulkokuori valetaan kertavaluna elementtityöselityksen mukaan
- ulkokuoressa käytetään RST-raudoitusta
- sisäkuoren todellinen vahvuus ~155mm eristeen kokoonpuristumisesta riippuen
- U-arvo laskettu standardin SFS-EN ISO 6946 mukaan

Käytetyt korjauskertoimet:

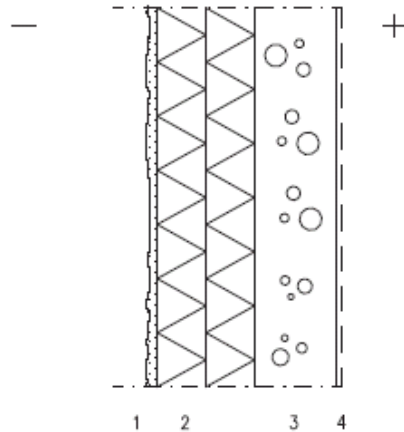
ilmarakojen korjaustekijä	-
mekaanistenkiinn. korjaustekijä	0,009 W/(m ² K)

TUOTE	PAKSUUDET	U-ARVO
Isover OL-E (0,035)	240	0,15
Paroc cos 5qt (0,035)	240	0,15
Isover OL-E (0,035)	180	0,20
Paroc cos 5qt (0,035)	180	0,20

SrMk C3 vertailuarvo 0,17 W/m²K

YIT:N RAKENNEKUVA, ULKOSEINÄ 3

YLIMÄKI TINKANEN	Työn nro		US 3
	Päiväys 20.04.2010	Tekijä JPYL	
Rakennuskohde/Käyttökohde YIT-MATALAENERGIATALO	Sisältö Betoniulkoseinä, kantava/ei-kantava elementti Mineraalivillaaeriste 3-kerrosrappaus		



- | | | |
|--------|---|--|
| 25 mm | 1 | Kolmikerrosrappaus työselityksen mukaan |
| 180 mm | 2 | Mineraalivilla: Isover FS5+ 2x90mm, [$\lambda_{d=0,03}$] |
| 150 mm | 3 | Teräsbetoni rakennepiirustusten mukaan |
| | 4 | Pintamateriaali ja -käsittely huoneselityksen mukaan |

TOTEUTUS- JA SUUNNITTELUOHJEET:

- rappauksen suunnittelupaksuus elem./rakennemitoituksessa 20 mm
 - mekaaniset kiinnikkeet min. 5kpl/m²
 - ikkunasmyygit ark/ rappaustoimittajan mukaan
 - rappauksen liikuntasaumajako rappaustoimittajan mukaan
 - parvekkeiden taustat vahvistetaan rappausvalm.ohjeen mukaan
 - U-arvo laskettu standardin SFS-EN ISO 6946 mukaan
- Käytetyt korjauskertoimet:
- | | |
|---------------------------------|----------------------------|
| Ilmarakojen korjaustekijä | - |
| mekaanistenkiinn. korjaustekijä | 0,006 W/(m ² K) |

RAKENTEEN LÄMMÖNLÄPÄISYKERROIN: $U = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$
 SrMk C3 vertailuarvo $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$

AURINKOPANEELIEN- JA KERÄINTEN TARVE HELSINGISSÄ

Aurinkopaneelien tarve Helsingissä

Asennuskulma: etelä 45°

Energia	Hyötysuhde	Säteily	Paneelien määrä	Kattopinta-alan tarve
				20° varjostus
kWh/a	%	kWh/m ² /a	m ²	m ²
1000	20,00 %	1200	4,2	12,6
5000	20,00 %	1200	20,8	63,1
10000	20,00 %	1200	41,7	126,3
50000	20,00 %	1200	208,3	631,3
100000	20,00 %	1200	416,7	1262,6
500000	20,00 %	1200	2083,3	6313,1

Asennuskulma: vaakataso

Energia	Hyötysuhde	Säteily	Paneelien määrä
kWh/a	%	kWh/m ² /a	m ²
1000	20,00 %	950	5,3
5000	20,00 %	950	26,3
10000	20,00 %	950	52,6
50000	20,00 %	950	263,2
100000	20,00 %	950	526,3
500000	20,00 %	950	2631,6

Aukinkokeräinten tarve Helsingissä

Asennuskulma: etelä 45°

Energia	Hyötysuhde	Säteily	Paneelien määrä	Kattopinta-alan tarve
				20° varjostus
kWh/a	%	kWh/m ² /a	m ²	m ²
1000	75,00 %	1200	1,1	3,4
5000	75,00 %	1200	5,6	16,8
10000	75,00 %	1200	11,1	33,7
50000	75,00 %	1200	55,6	168,4
100000	75,00 %	1200	111,1	336,7
500000	75,00 %	1200	555,6	1683,5

Asennuskulma: vaakataso

Energia	Hyötysuhde	Säteily	Keräinten määrä
kWh/a	%	kWh/m ² /a	m ²
1000	75,00 %	950	1,4
5000	75,00 %	950	7,0
10000	75,00 %	950	14,0
50000	75,00 %	950	70,2
100000	75,00 %	950	140,4
500000	75,00 %	950	701,8



AURINKOPANEELIEN- JA KERÄINTEN TARVE OULUSSA

Aurinkopaneelien tarve Oulussa

Asennuskulma: etelä 45°

Energia	Hyötysuhde	Säteily	Paneelien määrä	Kattopinta-alan tarve
				20° varjostus
kWh/a	%	kWh/m ² /a	m ²	m ²
1000	20,00 %	1050	4,8	14,4
5000	20,00 %	1050	23,8	72,2
10000	20,00 %	1050	47,6	144,3
50000	20,00 %	1050	238,1	721,5
100000	20,00 %	1050	476,2	1443,0
500000	20,00 %	1050	2381,0	7215,0

Asennuskulma: vaakataso

Energia	Hyötysuhde	Säteily	Paneelien määrä
kWh/a	%	kWh/m ² /a	m ²
1000	20,00 %	825	6,1
5000	20,00 %	825	30,3
10000	20,00 %	825	60,6
50000	20,00 %	825	303,0
100000	20,00 %	825	606,1
500000	20,00 %	825	3030,3

Aukinkokeräinten tarve Oulussa

Asennuskulma: etelä 45°

Energia	Hyötysuhde	Säteily	Paneelien määrä	Kattopinta-alan tarve
				20° varjostus
kWh/a	%	kWh/m ² /a	m ²	m ²
1000	75,00 %	1050	1,3	3,8
5000	75,00 %	1050	6,3	19,2
10000	75,00 %	1050	12,7	38,5
50000	75,00 %	1050	63,5	192,4
100000	75,00 %	1050	127,0	384,8
500000	75,00 %	1050	634,9	1924,0

Asennuskulma: vaakataso

Energia	Hyötysuhde	Säteily	Keräinten määrä
kWh/a	%	kWh/m ² /a	m ²
1000	75,00 %	825	1,6
5000	75,00 %	825	8,1
10000	75,00 %	825	16,2
50000	75,00 %	825	80,8
100000	75,00 %	825	161,6
500000	75,00 %	825	808,1

