

Teemu Sorsa

AURINKOJÄRJESTELMIEN ASENNUS JA VAIKUTUS
RAKENTEISIIN

Rakennustekniikan koulutusohjelma
2016

AURINKOJÄRJESTELMIEN ASENNUS JA VAIKUTUS RAKENTEISIIN

Sorsa Teemu Tapio
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Maaliskuu 2016
Ohjaaja: Sandberg Rauno
Sivumäärä: 57
Liitteitä: 4

Asiasanat: aurinkopaneeli, aurinkokeräin, tuulikuorma, lumikuorma, asennus

Tässä työssä tutkittiin aurinkoenergia komponenttien asennusta sekä niihin vaikuttavia muuttujia. Työssä keskityttiin aurinkojärjestelmien asentamiseen omakotitaloille yksityisten käyttöön. Työssä selvitettiin erilaisia aurinkopaneelien ja aurinkokeräimien asennustapoja ja niiden osia. Aluksi selvitettiin perusteet aurinkoenergiasta, joista selvisi järjestelmän suuntaus. Aurinkoenergia sovelluksia tutkiessa eriteltiin erikseen aurinkopaneeli ja erilaiset keräimet ja niiden toimintatavat. Asennuspaikkoja miettiessä käytiin läpi mahdolliset katto sekä seinämateriaalit.

Asennustavat jaettiin katemateriaalin sekä katon rakenteen mukaisesti. Katemateriaalit joita tarkasteltiin olivat tiilikate, profiilipeltikate, konesaumattu peltikate ja bitumikate. Erilaisia katon rakenteita olivat jyrkät katot sekä loivat katot. Työssä selvitettiin lumikuorman ja tuulikuorman vaikutus mainittuihin eri variaatioihin. Katemateriaalin mukaan eriteltiin erilaiset aurinkojärjestelmän kiinnitysmahdollisuudet sekä läpiviennit. Lumikuormat ja tuulikuormat selvitettiin, jotta saatiin tietoa miten ne muuttuvat katoilla järjestelmän takia. Haluttiin tietää millaisia kuormia tulee itse aurinkojärjestelmälle ja millaisia katon rakenteille. Kuormien perusteella pystyttiin tarkemmin tarkastelemaan kiinnitystä sekä järjestelmää.

Asennuksia suunnitellessa tehtiin syvempi tarkastelu vesikaton rakenteisiin ja sen vaatimuksiin kiinnityksen kannalta. Loivilla katoilla lisäksi selvitettiin vastapainon määrä, jolla järjestelmä pysyy paikallaan ilman mekaanisia kiinnikkeitä. Työssä keskityttiin katoille asentamiseen joten seinäasennuksista läpi käytiin vain perusteet. Asennustavoista ja rakenteista yksityiskohtaisemmin käytiin omakotitaloissa yleisimmin olevat jyrkkien kattojen rakenteet, jotka olivat tiilikatto, peltikatto ja konesaumattu peltikatto. Lisäksi yksityiskohtaisempaan tarkasteluun otettiin loiva katto, joka oli bitumikermi päällysteinen.

Liitteissä on tarkemmat kuvat sekä selosteet kyseisille asennustyypeille. Lumikuormat ja tuulikuormat jyrkillä katoilla olivat lähes samat sekä järjestelmän kanssa että ilman. Loivilla katoilla lumikuorma muuttui enemmän paneelien ja keräimien aiheuttaman lumen kinostuman takia. Tuulikuorma loivilla katoilla ei aiheuta lisärasitusta kattorakenteille, mutta on tärkeä kun määritettiin vastapainon määrää järjestelmälle.

SOLAR SYSTEMS INSTALLATION AND IMPACT TO STRUCTURES

Sorsa Teemu

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Civil engineering degree

March 2016

Supervisor: Sandberg Rauno

Number of pages: 57

Appendices: 4

Keywords: solar panel, solar collector, wind load, snow load, installation

In this final project I researched the solar installation components and variables which affecting them. The project focused on the installation of solar systems for single-family homes for private use. The thesis studied a variety of installation ways of solar panels and solar collectors and their parts. Initially studied basics of solar energy which determines the direction of the system. When studied solar energy applications, they were distributed to the solar panels and various collectors. When the mounting location was chosen must went through the various roof and wall materials.

Installation methods are divided in accordance with the roofing material and the roof structure. Roofing materials which were examined tile roofing, corrugated metal roofing, machine seamed metal roof and bituminous roofing. Various types of roof structures were steep roof and gently sloped roof. Was studied the effect of the snow load and wind load mentioned in different variations. According roofing material installation shared various mounting possibilities as well as for penetrations too. Snow loads and wind loads are studied in order to give information about how they change on the roofs because of the system. We wanted to know what kind of loads will become itself to solar system and what kind of for the roof structure. We can examine greater details of the installation and the system because the basis of loads.

Installation planning was a deeper examination of the roof structures requirements of mortgage terms. In gently sloped roofs studied the amount of counterweight which the system remains in order to stay in place without mechanical fasteners. The project focused on the installation of the roof so the wall installation took through just the basics. Installation methods and course structures which have more details is common used in single-family houses with steep roofs structures, they are tile roof, metal roof and machine seamed roof. In addition, a more detailed examination of the gently sloping roof, which was bitumen membrane coated.

The appendix contains a more detailed pictures as well as reports for these installation types. Snow loads and wind loads on steep roofs were almost same as well as with the system and without the system. In gentle sloped roofs the snow load raises because panels and collectors create drifts on the roof. Wind load in gentle sloped roofs will not cause further strain on roof structures, but it is important to determine the volume of the counterweight system.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	YLEISTÄ AURINKOENERGIASTA.....	7
2.1	Auringon energia	7
2.2	Aurinkopaneelit.....	9
2.2.1	Paneelin toimintaperiaate ja rakenne.....	9
2.2.2	Aurinkosähköjärjestelmä.....	10
2.3	Aurinkokeräin	11
2.3.1	Keräinjärjestelmän käyttö.....	11
2.3.2	Keräintyytit 13	
2.4	Järjestelmän sijoittaminen ja suuntaaminen.....	16
2.4.1	Laitteiden suuntaaminen.....	16
3	KATTO- JA SEINÄRAKENTEET	18
3.1	Kattorakenteet	18
3.1.1	Loivat katot. 18	
3.1.2	Jyrkät katot 19	
3.1.3	Katemateriaalit.	20
3.1.4	Huomioitavaa katoissa.....	24
3.2	Seinät.....	26
3.2.1	Seinärakenteet.....	27
4	TUULI- JA LUMIKUORMAT.....	29
4.1	Vaikuttavat kuormat katonsuuntaisilla asennuksilla jyrkillä katoilla	29
4.1.1	Kattoon ja kiinnitykseen vaikuttava lumikuorma.....	29
4.1.2	Kattoon ja kiinnitykseen vaikuttava tuulikuorma.....	32
4.2	Vaikuttavat kuormat loivilla katoilla kulmaan asennettuna.....	40
4.2.1	Kattoon ja kiinnitykseen vaikuttava lumikuorma.....	40
4.2.2	Kattoon ja kiinnitykseen vaikuttava tuulikuorma.....	42
4.2.3	Vastapainon määrittäminen	45
4.2.4	Kitkakuorma katolla	48
4.2.5	Yksinkertaistettu laskenta ja esimerkit.....	50
4.3	Johtopäätökset.....	51
5	ASENNUKSET	52
5.1	Kattoasennukset	52
5.1.1	Tiilikatolle asentaminen	52
5.1.2	Profiilipeltikatolle asentaminen.....	53

5.1.3 Konesaumatululle peltikatolle asentaminen	53
5.1.4 Bitumikatolle asentaminen	54
5.2 Seinäasennukset	55
5.2.1 Asennukset eri seinämateriaaleille	55
6 YHTEENVETO	56
LÄHTEET	57
LIITTEET	

1 JOHDANTO

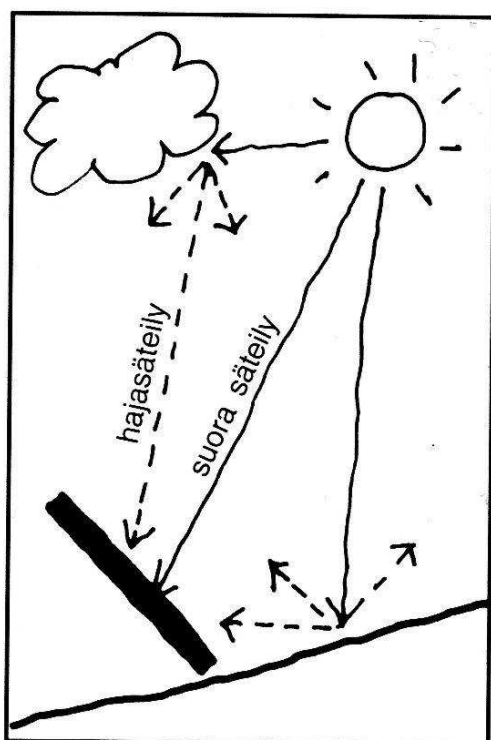
Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan aurinkojärjestelmien asennusta erilaisille katoille ja seinille, sekä järjestelmän vaikutusta rakenteisiin. Työn tavoitteena on saada kaikille alalla toimiville tietoa aurinkojärjestelmien asennuksista ja ongelmakohtista, sekä myös järjestelmien aiheuttamasta tuuli- ja lumikuormista katto- ja seinärakenteisiin pientaloissa. Tämän kaltainen selvitystyö on katsottu aiheelliseksi, koska aiheesta ei ole paljoa suomeksi ja suomen olosuhteet huomioiden tuotettua sisältöä. Tutkimustyö myös edistää jo alkanutta kiinnostumista auringon energian käyttämiseen talojen sähköntuotannossa sekä lämmityksessä.

Tiukentuneet energiamääräykset myös osaltaan ohjaavat rakennusten energiatehokkuuden lisäämiseen, joka tänä päivänä on noussut yhdeksi keskeisimmistä asioista rakennuksia suunniteltaessa. Työssä keskitytään erityisesti asennuksissa kattomateriaalin läpi tapahtuvaan kiinnitykseen. Kuormia tutkittaessa tehdään koko suomen kattava tarkastelu lumi- ja tuulikuormien kertymisestä. Kuormien kertymisessä otetaan huomioon erilaiset kattotyypit, kattomateriaalit, asennuskulmat sekä rakennuksen sijainti. Tasakattoisista asennuksista selvitetään näiden lisäksi vastapainon määrä.

2 YLEISTÄ AURINKOENERGIASTA

2.1 Auringon energia

Aurinko energia on uusiutuva energiamuoto, joka ei aiheuta päästöjä eikä näin ollen kuormita ympäristöä kuin laitteiden valmistus ja kierrätys vaiheessa. Auringossa syntyy energiaa fuusio reaktiossa, jossa kaksi vetyatomien ydintä muuttuu helium atomin ytimeksi. Tämä reaktio tuottaa suuren energiamäärän, joka kulkeutuu auringon säteilyä maanpinnalle. Ihminen on pystynyt tekemään vastaavanlaisen reaktion vety-pommissa. Auringosta lähtevästä energiasta maanpinnalle suomen kohdalle hyötykäyttöön pääsee noin $0,8-1,0\text{KWh/m}^2$. Auringon säteily jaotellaan kolmenlaiseksi. On suora säteily auringosta maahan. Hajasäteily taas on esimerkiksi pilvistä heijastunutta säteilyä. Ja ilmakehän vastasäteily muodostuu, kun kertaalleen maasta heijastunut säteily heijastuu ilmakehästä uudelleen maahan. (Aurinko-opas Erat, Erkkilä, Nyman ym 2008)



Kuva1: Eri säteilytyypit (Aurinko-opas Erat ym 2008)

Aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää joko passiivisesti tai aktiivisesti. Passiivisesti hyödyntäminen tarkoittaa, että ei käytetä teknisiä apuvälineitä auringon säteilyä hyödyntäessä. Passiivisia tapoja ovat esimerkiksi rakennusten sijoittaminen, rungon aukkojen sijainti ja materiaalivalinnat. Aktiivinen aurinkoenergian hyödyntäminen taas tapahtuu teknisten laitteiden välityksellä. Aktiivisia hyödyntämismuotoja ovat aurinkokeräimiä tai aurinkopaneeleja käyttäminen. (Aurinko-opas Erat ym 2008)

Auringon säteily on voimakkainta silloin kun aurinko on korkeimmillaan. Tämä johtuu siitä, että silloin säteiden matka säteilyä vaimentavan ilmakehän läpi on lyhyempi maanpinnalle. Voimakkuuteen vaikuttaa myös suuresti sää ja sijainti. Pilvet esimerkiksi muuttavat suoraa säteilyä hajasäteilyksi ja vähentää säteilyn määrää. Aurinkojärjestelmillä energiatuotannon kustannustehokas tuottaminen voidaan suomessa laskea kevätpäiväntasauksesta (21.maaliskuuta) ja syyspäiväntasaukseen (22.syyskuuta) väliselle ajalle. Perinteisesti aurinkoenergiaa on hyödynnetty paikoissa, joissa ei ole rakennettua sähköverkkoa kuten veneissä, saaristomökeissä ja erämaamökeissä. Edelleen näissä käytetään paljon aurinkoenergiaa, mutta on myös huomattu että sitä voidaan hyödyntää ihan normaalissakin asumisessa. (Aurinko-opas Erat ym 2008)

Taulukko1: Auringonpaistetunnit kuukausittain esimerkkikaupungeissa (Aurinko-opas Erat ym 2008)

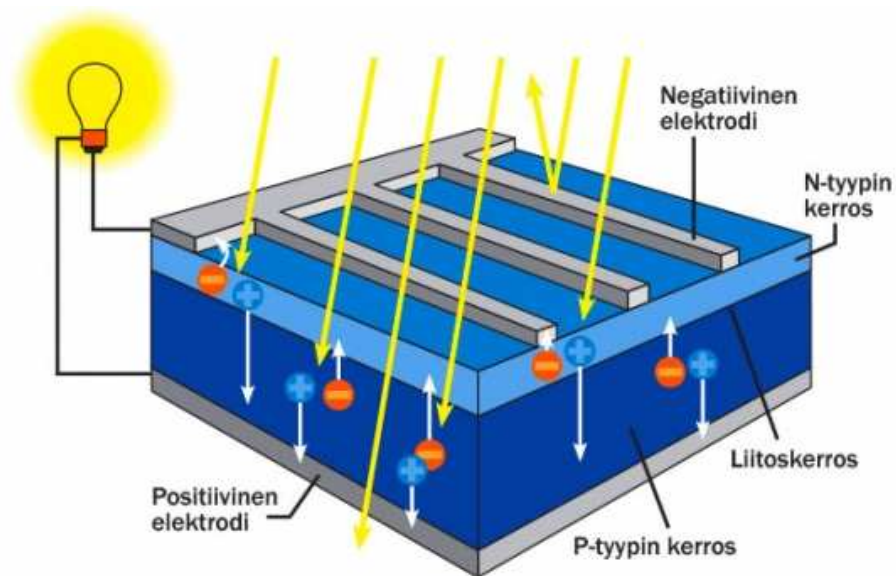
Kuukausi	Helsinki	Vaasa	Joensuu	Utsjoki
Tammikuu	39	29	30	1
Helmikuu	72	72	69	36
Maaliskuu	130	131	131	116
Huhtikuu	183	190	174	168
Toukokuu	275	277	259	203
Kesäkuu	298	303	264	232
Heinäkuu	275	283	265	239
Elokuu	222	220	197	142
Syyskuu	135	131	114	84
Lokakuu	90	85	62	48
Marraskuu	37	40	24	7
Joulukuu	28	21	17	0

2.2 Aurinkopaneelit

Aurinkopaneelien käyttö on aktiivinen auringon energian hyödyntämismuoto. Aurinkopaneelit muuttavat auringon säteilystä tulevan energian sähköksi, jota voidaan käyttää talossa. Paneelien hyötysuhde on noin 15- 20%, joka tarkoittaa osuutta jonka paneeli pystyy muuttamaan sähköksi vastaanottamastaan energiasta. Aurinkopaneelit sijoitetaan talossa yleensä katoille tai seiniin ja pyritään suuntaamaan etelään sopivassa kallistuskulmassa. Aurinkopaneelit painavat noin 20 kilogrammaa ja käyttöikä on jopa 30 vuotta, joka on noin kaksinkertainen verrattuna systeemin muihin mahdollisiin komponentteihin. Yleensä paneeleille annetaankin 25-vuoden tehontuottotakuuta. Tämä tarkoittaa lupausta että paneeli tuottaa ensimmäisen 10-vuotta vähintään 90% teholla paneelin ilmoitetusta nimellistehosta. Kahdenkymmenenviiden vuoden jälkeen tehontuottotakuu lupaa, että aurinkosähköpaneelin tuotto on vähintään 80% ilmoitetusta nimellistehosta. (motiva 2015)(aurinko-opas Erat ym2008)

2.2.1 Paneelin toimintaperiaate ja rakenne

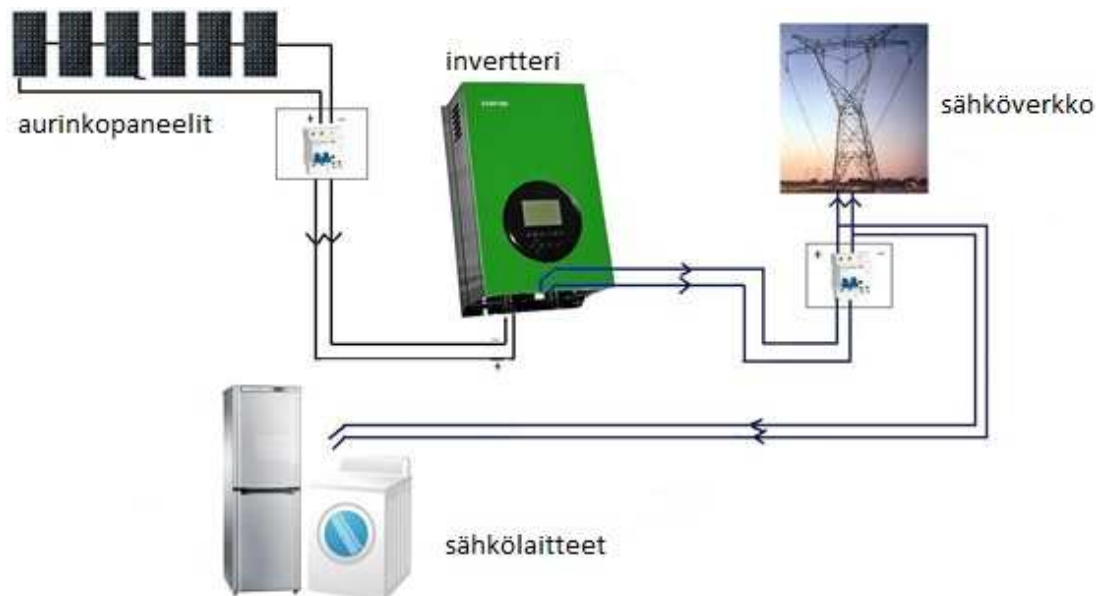
Itse paneeleissa tapahtuva energian tuotanto perustuu säteilystä tulevan fotonin eli valokvantin osumisesta puolijohdemateriaaliin. Osuessaan tähän fotoni synnyttää paneelin puolijohteiden välille elektroni-aukko pareja, jotka vastakkaisten varausten takia pyrkivät tasoittumaan. Kun nämä puolijohteet eri merkkisillä varauksilla yhdistetään johdolla syntyy johteeseen sähkövirta, joka hyödynnetään. Tätä prosessia on kuvattu alla olevassa kuvassa 3. Yleisimmin käytetty puolijohdemateriaali on pii. Paneelit voivat olla valmistettu monikiteisestä piistä tai yksikiteisestä piistä. Näistä yksikiteisestä piistä rakennettu on paras tuotoltaan mutta samalla myös huomattavasti kalliimpi, kuin esimerkiksi monikiteisestä piistä valmistettu paneeli. Paneelien kytkennällä voidaan vaikuttaa järjestelmän tuottaman sähkövirran ja jännitteen määrään. Järjestelmän tuottama jännite on sarjaan kytkettyjen paneelien jännitteiden summa ja järjestelmän tuottama virta on rinnan kytkettyjen paneelien sähkövirtojen summa. (motiva 2015)(aurinkoenergiaa 2015)



Kuva 3: paneelissa tapahtuva prosessi (aurinkosahko 2015)

2.2.2 Aurinkosähköjärjestelmä

Aurinkopaneeli tuottaa tasavirtasähköä (DC), joka on erilaista kuin sähköverkosta tuleva vaihtovirta (AC). Paneelin sähkön hyödyntäminen sähköverkkoon liitettyjen laitteiden kanssa onnistuu silloin kun paneelien perään kytketään invertteri, joka muuttaa tasasähkön vaihtovirtasähköksi jota myös sähköverkosta tulee. Paneelien tuottamaa tasavirtasähköä voi myös varastoida akkuihin jos tuotto on suurempaa kuin kulutus ja käyttää sieltä sitten invertterin kautta kun tuotto on pienempi kuin kulutus. Ennen akkuja järjestelmään sijoitetaan lataussäädin, jonka tehtävänä on estää akkujen syväpurkautuminen, ylilatautuminen ja virran vuotaminen takaisin paneeliin. Kuvassa 2 on yleinen esimerkki järjestelmästä laitteineen. Itse tuotettua sähköä pystyy myös myymään sähköverkkoon muille käyttäjille, mutta silti järjestelmä kannattaa suunnitella niin että se on sopiva omaan kulutukseen ja pystyy näin hyödyntämään sähkönsä itse. (motiva 2015) (aurinkoenergiaa 2015)



Kuva 2: Energian matka säteilystä hyötykäyttöön (pics-about.space.com 2015)

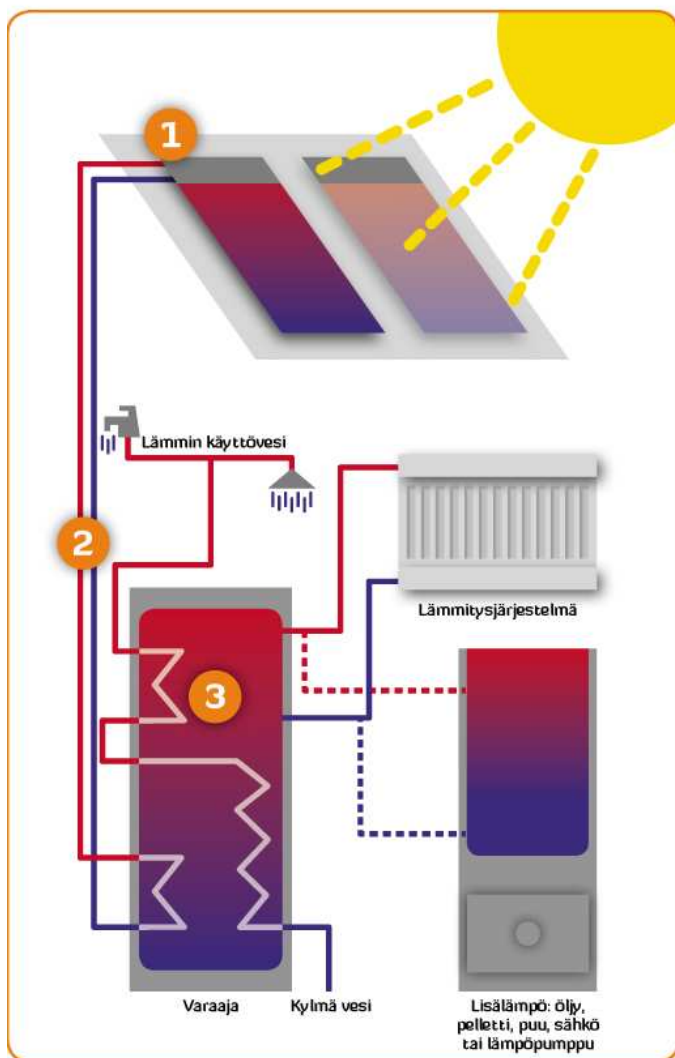
2.3 Aurinkokeräin

Aurinkokeräimet ovat myös aktiivinen auringon säteilyenergian hyödyntämistapa kuten aurinkopaneelitkin, koska käytössä on teknisiä laitteita. Aurinkokeräimillä kerätään auringon lämpöenergiaa, jota hyödynnetään pääosin lämpimän käyttöveden lämmitykseen mutta myös talon lämmitykseen. Aurinkokeräimien hyötysuhde vaihtelee säteilykulmasta ja keräimestä riippuen 35–70% välillä ja ne painavat noin 40 kilogrammaa. Keräimet voivat olla neste- tai ilmakiertoisia ja nestekiertoiset voivat olla tyhjiöputkikeräimiä tai tasokeräimiä, joiden eroja selvitetään seuraavassa kappaleessa. Voidaan siis todeta että hyötysuhteeltaan keräimet ovat parempia kuin paneelit. (aurinko-opas Erat ym 2008)

2.3.1 Keräinjärjestelmän käyttö

Aurinkolämpöjärjestelmät voi yhdistää kaikkiin lämmitysmuotoihin puuhun, öljyyn, lämpöpumppuihin ja sähkölämmitteisissäkin talossa aurinkolämpö voidaan yhdistää lämminvesivaraajaan. Erityisen hyvin aurinkolämpöjärjestelmä sopii puu ja hake järjestelmiin, joissa on jo valmiina vesivaraaja johon keräimien lämpö on helppo sitoa.

Aurinkolämpöjärjestelmän toimintaa ja osia on esitetty seuraavalla sivulla kuvassa 4. Vesikiertoinen lattialämmitys on myös otollinen paikka keräimien hyödyntämiselle, koska lattialämmityksessä kiertävä vesi ei ole niin lämmintä kuin patterilämmityksessä tarvittava. Aurinkolämmitysjärjestelmää mitoittaessa yleensä pyritään tuottoon, joka kattaa kesäkuukausina lämpöenergiankulutuksen, eli lämpimän käyttöveden kulutuksen muutaman päivän ajalle. Motiva on yleisesti ottaen laskenut että omakotitalossa keräinpinta-alaa tarvitaan 5-8 m² saadakseen puolet vuotuisesta lämpimän käyttövedenkulutuksesta. Ja myös että huoneiden lämmitys mukaan luettuna alan tarvitsisi olla 8-12m². (motiva 2015)(aurinko-opas Erat ym 2008)



Kuva 4: Aurinkokeräinjärjestelmä, jossa numeroituina 1.keräimet 2.siirtoputkisto 3.varaaja (sundial 2015)

2.3.2 Keräintyytit

Ilmakeräin on tyyppi, jossa keräimen absorptiopinta lämmitteä keräimessä olevaa ilmaa ja siten se ohjataan lämmitteämään sisätiloja. Nestekiertoisessa järjestelmässä on monia etuja ilmakiertoiseen järjestelmään verrattuna etenkin säädettävyyden, käyttötarkoituksen vaihtelun ja lämmön varastoinnin osalta. Tässä työssä keskitymme enemmän nestekiertoisiin keräimiin, jotka ovat paljon käyttökelpoisempia vaihtoehtoja kun aletaan miettimään rakennuksen energiansäästöjä.

Tasokeräin on ulkonäöltään paljolti aurinkopaneelia muistuttava laite, jossa absorptiolevy joka muuttaa säteilyn lämmöksi. Absorptio pinnalla tarkoitetaan mustaa tai tummaa pintaa, joka lämpiää auringonsäteiden voimasta ja lämmitteä edelleen nesteen absorptioputkistossa. Tasokeräimeen tulee lämmitteävä neste toisesta päästä ja kun se on kiertänyt keräimen läpi tulee toisesta päästä lämmin neste. Kuvassa 5a ja b on havainnekuva keräimestä sekä leikkaus sen rakenteesta.

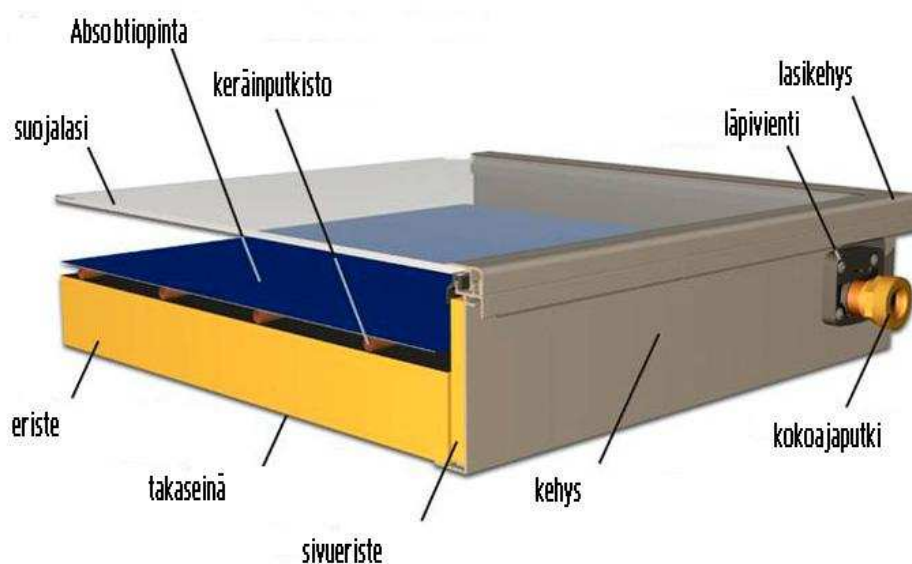
Tyhjiöputkikeräimissä on sisäkkäin kaksi putkea sisäkkäin, joista ulompi on tyhjiö ja sisempi sisältää nesteen, johon auringonsäteilyn lämpöenergia siirtyy. Tyhjiöputkikeräimiä on kahta mallia u-pipe ja heat-pipe. U-pipe keräimessä absorptiopinnoite kerää energian keräintä kiertävän putkiston nesteeseen. Keräimen putkistosta lämpöenergia siirtyy lämmönsiirto putkiin, joissa lämmönsiirtoneste kuljettaa lämpöenergian lämmitysjärjestelmään tai lämmönvaihtimen kautta varaajaan. Yleisemmässä heat-pipe järjestelmässä putkessa on lämmitteävä neste ja kun putki on lämmitteänyt nesteen se höyrystyy putkessa ja nousee ylös. Ylös noussut höyrystynyt kuuma neste on kosketuksissa lämmönsiirtonesteen putkien kanssa, tämän seurauksena höyrystynyt neste luovuttaa lämpönsä lämmönsiirtonesteelle viilenee takaisin nesteeksi ja valuu alas omassa putkessaan uutta kiertoa varten. Lämmönsiirtoneste taas kuljettaa lämpöenergian lämmitysjärjestelmään tai varaajalle, joko kierukan tai lämmönvaihtimen kautta.

Tyhjiöputkikeräimen havainnekuva ja leikkauskuva toimintaperiaatteesta on esitetty kuvassa 6a ja 6b. Nesteenä keräinjärjestelmissä on yleensä vesi-glykoli seos. Glykoliseosta käytetään jotta se ei talvellakaan jäätyisi, kuten pelkälle vedelle tapahtuisi. Nestettä putkistoissa liikuttaa pumppu ja uudenaikaisissa järjestelmissä on säädin

joka määrittelee virtausnopeutta tarpeen mukaan. (aurinkoenergiaa 2015)(motiva 2015)(aurinko-opas Erat ym 2008)



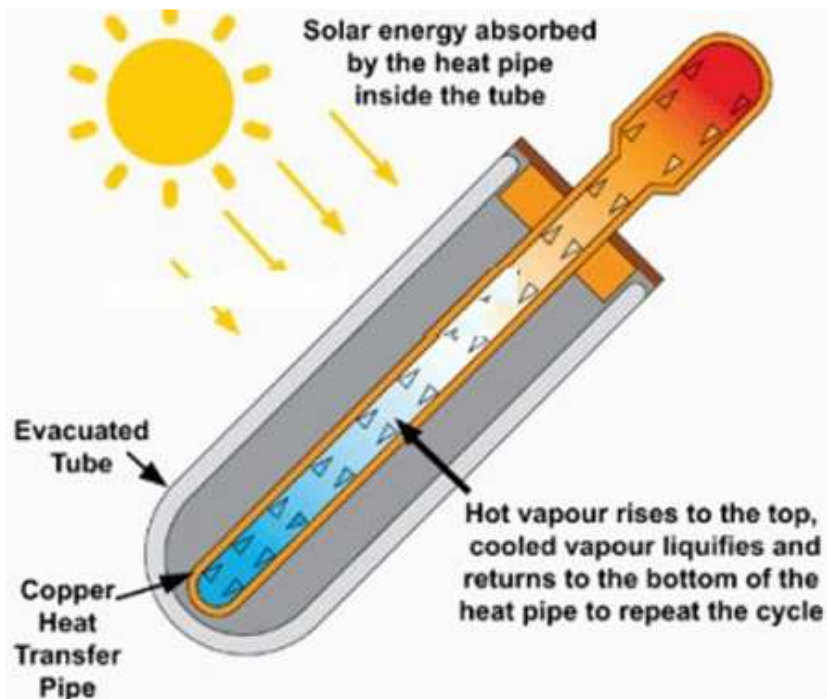
Kuva 5a: Tasokeräin asennettuna telineelle jossa kulma säädettävissä. Teline soveltuu maanvaraiseen tai tasakattoasennuksiin. (jtv-energia 2015)



Kuva 5b: tasokeräimen rakenne (sirrai 2015)



Kuva 6a: Tyhjiöputkikeräin pientalon konesaumapeltikatolla.(kylpyhuonemarket 2015)



Kuva 6b: Tyhjiöputkikeräimen toiminta. Kuvassa on tyhjiö heti uloimpana jonka sisällä taas on absorptiopinnoite. Tyhjiön sisäpuolella on keräimen sisäinen siirtoputki,

jossa höyryn ja lämmönsiirtonesteen liikettä on kuvattu nuolilla ja väreillä (misolie 2015)

2.4 Järjestelmän sijoittaminen ja suuntaaminen.

Aina kun paneeleja ja keräimiä sijoitetaan on erittäin tärkeä huomioida että auringon säteily pääsisi mahdollisimman estottomasti kohteeseen. Asennuspaikan ympäriltä täytyisi pyrkiä raivaamaan mikäli mahdollista järjestelmää varjostavat esteet kuten puut. Tuottavuuteen vaikuttavat myös oleellisesti esimerkiksi puiden lehdet ja lumi, jotka voivat kerääntyä järjestelmän pintaan. Tämän voi huomioida siten että paneelien keräimien puhdistuksesta huolehditaan. Aurinkopaneelien tehontuotanto on parempi silloin kun paneelin pinta on viileä kuin että se olisi lämmin, jos säteilyn määrä on sama. Keräimet ovat sitä paremmin tuottavia mitä lämpimämpi ja tuulettomampi paikka niille löydetään. (Aurinko-opas Erat ym 2008)

Kun keräimet asennetaan katon suuntaisiksi, on se edullisempaa ja ulkonäöllisesti parempi vaihtoehto kuin asennustelineiden ja tukirakenteiden rakentaminen. Katon suuntainen asennus on harvoin optimikulmassa aurinkoenergian tuoton kannalta mutta sen aiheuttamaa tuoton vähenemää voidaan korjata keräin pinta-alaa suurentamalla. Lämpö järjestelmissä on myös pyrittävä siihen että keräimien ja varaajan välinen etäisyys olisi mahdollisimman pieni. Mitä lyhyempi on yhdysputkisto sen vähemmän syntyy lämpöhäviöitä. Lämpöhäviöiden minimoimisessa on suuri merkitys myös oikein asennetulla ja riittävällä putkien eristyksellä. (Aurinko-opas Erat ym 2008)

2.4.1 Laitteiden suuntaaminen

Laitteiden suuntaukseen liittyy oleellisesti kaksi eri kulmaa. Kallistuskulma on paneelin tai keräimen suhde horisonttiin ja suuntakulmalla tarkoitetaan poikkeamaa etelästä. Kallistuskulma on nolla silloin kun laitteen pinta on vaakatasossa ja 90° kun pinta on kohtisuorassa horisonttiin nähden. Tulokulmalla taas tarkoitetaan auringon ja laitteen välistä kulmaa, joka on tuottavin kun säteet osuvat kohtisuoraan pintaan. Kallistuskulmaa säätämällä voidaan vaikuttaa laitteen tuottoon eri vuodenaikojen välillä koska kesällä aurinko paistaa korkealta ja talvella taas lähempää horisonttia.

Kallistuskulmien vaikutusta eri vuodenaikojen välillä on kuvattu taulukossa 2. Paras kallistuskulma järjestelmän vuosituotollisesti suomessa on noin 45°, Etelä-Suomessa hieman vähemmän ja Pohjois-Suomessa hieman enemmän. Tuotto on paras kesäaikaan, kun auringon säteilyäkin on saatavilla runsaasti. Suuntakulmaksi paras on suoraan etelään, jolloin säteily on runsainta keskipäivällä.. (Aurinko-opas Erat ym 2008)

Taulukko 2: Säteily vuorokaudessa eri kallistuskulmilla, Helsinki (kWh/m²/d) (Aurinko-opas)

Kuukausi	30°	45°	90°
Tammikuu	0,4	0,5	0,5
Helmikuu	1,5	1,8	1,9
Maaliskuu	3,1	3,4	3,2
Huhtikuu	4,4	4,5	3,4
Toukokuu	5,9	5,7	3,7
Kesäkuu	6,6	6,3	3,9
Heinäkuu	5,7	5,5	3,6
Elokuu	5,0	5,0	3,6
Syyskuu	3,3	3,5	3,0
Lokakuu	1,6	1,8	1,7
Marraskuu	0,5	0,5	0,5
Joulukuu	0,4	0,5	0,6

3 KATTO- JA SEINÄRAKENTEET

3.1 Kattorakenteet

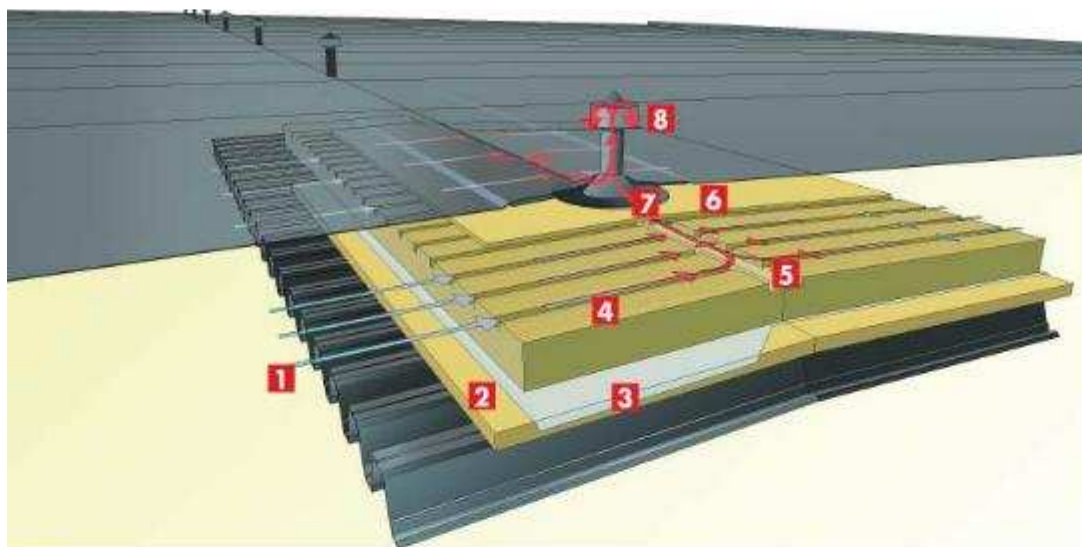
Katot ovat yleisin paikka paneelien tai keräimien asentamiselle. Siellä ne ovat yleensä esteettömmässä paikassa ja näin ollen tuottokin on parempaa. Yleensä tonteilla ei ole järkevää paikkaa maassa paneelien sijoitukselle, joko tilanpuutteen tai esteellisyiden vuoksi ainakaan kaupunkialueella. (Aurinko-opas Erat ym 2008)

3.1.1 Loivat katot.

Katot jaetaan kahteen osioon, loiviin ja jyrkkiin kattoihin. Loivina kattoina pidetään kattoja joiden kaltevuus on 1:10 tai vähemmän. Loivin katto jonka saa suunnitella on 1:80. Loivissa katoissa vesi poistuu niin hitaasti, että niiden yksityiskohtien on kestettävä vedenpainetta ja kallistus tarvitsisi tehdä jo kantaviin rakenteisiin. Katon materiaalien ja yksityiskohdat tulisi suunnitella siten, että niiden käyttöikätaavoite olisi 25-50 vuotta ja vesikatteen osalta aina 50 vuotta. Loivissa katoissa katemateriaalien saumojen on oltava vesitiiviit, joten katevaihtoehdoiksi sopivat erilaiset kermit.

Loiville katoille asennettaessa aurinkojärjestelmiä tulee huomioida että asennus ei patoa katolla liikkuvaa vettä. Jos joudutaan katteeseen tekemään asennukselle reikä, on se tehtävä vesitiiviiksi. Loivien kattojen etuna on se että tarpeeksi tukevilla ja painavalla telineellä paneelit tai keräimet voidaan asentaa ilman katteen läpäisyä. Tällöinkin riskinä on että teline painaa kattoon kuopan johon vesi jää seisomaan. Läpivienneissä katon läpi tulevat teräsrakenteet tarvitsee lämmöneristää kondensioveden estämiseksi ja vesitiiviys saadaan käyttämällä esimerkiksi laipallista läpivientitiivistettä. Loivilla katoilla myös laitteiden huolto on helpompaa, koska loivalla katolla työskentely on turvallisempaa eikä erillisiä kulkusiltoja tarvita. Loivilla katoilla kantavana rakenteena voi olla erilaiset betonilaatat, profiilipelti tai puu. Kantavan rakenteen pinnan tarvitsee olla tasainen, ettei höyrynsulku rikkoonnu asennusvaiheessa, tässä voidaan käyttää myös kestävämpää kermiä. Höyrynsulun jälkeen tulevat lämmöneriste ja vesikate. Loivilla katoilla vesikatteenä käytetään kermiä. Loivilla katoil-

la ei myöskään ole korkeuseroja riittävästi, joten tuuletus tarvitsee hoitaa erillisillä tuulettimilla. Katon tuuletuskanavana toimii lämmöneristeeseen tehdyt urat, joita pitkin ilma pyörii katossa. Loivia kattoja käytetäänkin enimmäkseen suurissa rakennuksissa joissa jyrkempi kaltevuus toisi järjettömiä katon harjan korkeuksia. (Toimivat katot Kattoliitto 2013)



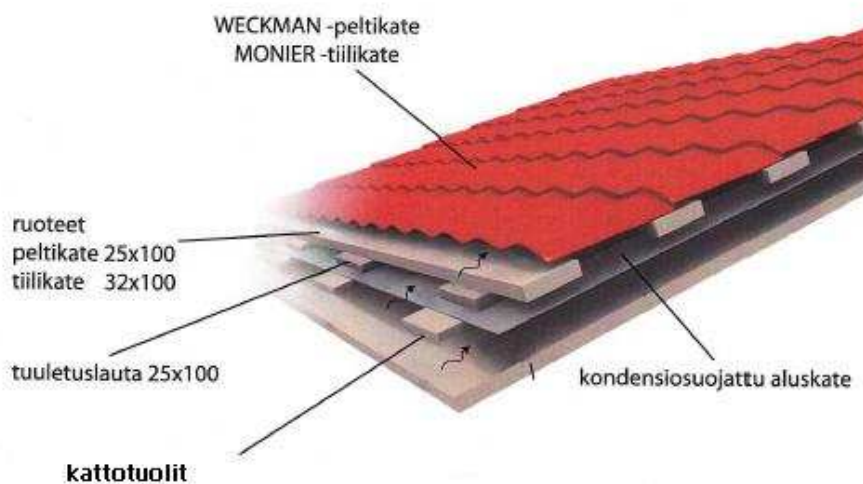
1. Korvausilman saanti esim. räystäältä tai jiirin pohjalle asennetuista hormeista.
2. 50 mm villa antaa tasaisen alustan kunnolliselle höyrynsululle
3. Höyrynsulku bitumikermi, Euratex tai vastaava.
4. Uritettu lämmöneriste. Urat 20 x 30 mm, k 225 mm.
5. Kokoojakanava 100 x 20 mm tehdään työmaalla
6. Kova 20 mm pintalevy kestää työ- ja huollon aikaisen liikkumisen
7. Pintalevyyn tehdään reiät alipainetuulettimille.
8. Alipainetuulettimien kautta kosteus poistuu rakenteesta (asennetaan 6-8 m välein kokoojakanavaan).

Kuva 7: Loivan katon rakenne (paroc 2015)

3.1.2 Jyrkät katot

Jyrkkä katto taas tarkoittaa kattoa, jotka ovat kaltevuudeltaan jyrkempiä kuin 1:20. Yhteinen rajapinta loivilla ja jyrkillä katoilla on 1:10 – 1:20 kallistuskulmien välissä. Jyrkillä katoilla käytetään epäjatkuvia katteita, joita on muun muassa tiili, pelti, erilaiset aaltolevykatteet tai bitumikatteet, jotka eivät kestä vedenpainetta. Näiden kat-

teiden alla on käytettävä erillistä vedenpitävää aluskatetta tai aluskermiä. Alle asennettava aluskate varmistaa, ettei vesi pääse turmelemaan katon rakenteita. Aluskatteita on kahden laisia vapaasti asennettavia aluskatteita (AKV), jotka asennetaan katto-
 tuoleihin ja aluskermejä (AKK), jotka asennetaan tiiviin aluslaudoituksen päälle. Jos jyrkällä katolla käytetään tiivissaumakatetta, kuten kermiä ei erillistä aluskatetta tarvita. Jyrkillä katoilla paneelien ja keräimien asennus tapahtuu aina kattomateriaalin mukaan vaihtuvalla mekaanisella kiinnitystavalla. Laitteiston huolto ja asennus on jyrkällä katolla huomattavasti hankalampaa ja vaatii suurempaa varovaisuutta, kuin loivilla katoilla työskenteleminen. Jyrkillä katoilla etuna on, että katto itsessään jo suuntaa paneeleita milloin ne voidaan asentaa katon suuntaisesti. Tällöin paneeleihin ja asennuksiin kohdistuva tuuli ja lumikuorma pienenevät verrattaessa loiviin kattoihin joissa käytetään esimerkiksi 45° asennuskehikoita. Jyrkissä katoissa yleensä käytetään puurakenteita. Ylimmän huonekerroksen jälkeen tulee höyrynsulku, sisäkaton kantava rakenne ja lämmöneriste. Tämän jälkeen tulee tuuletustila ja vesikaton kantava rakenne, jonka päälle tulee aluskate, tuuletusväli, ruoteet ja vesikate. (Toimivat katot Kattoliitto 2013)



Kuva 8: Jyrkän katon yleinen rakenne (pisasaneeraus 2015)

3.1.3 Katemateriaalit.

Bitumikate eli kermikate toimitetaan yleensä 1,1 metrin levyisenä rullatavarana ja yhdessä rullassa on yleensä 8 metriä katetta. Bitumikermit asennetaan limittäin niin,

että ne ovat hieman toistensa päällä ja sitten yhdistetään joko liimaamalla tai hitsaamalla toisiinsa. Kaistan pohja joko liimataan tai hitsataan kiinni alla olevaan materiaaliin. Bitumikatetta voidaan käyttää yksikermikatteena, jolloin katetta on vain yksi kerros tai kaksikermikatteena, jolloin kermiä tulee kaksi kerrosta asennettuna niin ettei saumat ole päällekkäin jolloin katon vedenpitävyys vahvistuu huomattavasti yksikermikatteeseen verrattuna. Käytössä on myös modifioitu bitumikermi, jolloin lisäaineena käytetty sbs-kumi parantaa erityisesti kermin kylmäominaisuuksia ja elastisuutta. Kermikate vaatii tasaisen asennuspinnan, jolloin tasakatoilla lämmöneristekerroksen päällä jossa on tuuletusreitit tarvitsee päälle laittaa vielä kova lämmöneristelevy ja jyrkissä katoissa alla tarvitsee olla aluslaudoitus tai levytys. Bitumikattolaatat ja kolmiorimakatteet eivät ole vedenpitäviä kuten tiivissaumakate. Bitumikatteen käyttöikä vaihtelee 20-40 vuotta rasitusluokasta riippuen. Bitumikaton kestävyyttä voidaan pidentää merkittävästi säännöllisillä huoltotoimenpiteillä, kuten säännöllinen tarkastus, roskien ja sammaleenpoisto sekä saumojen ja läpivientien tiivistäminen. Bitumikatteen yleisin vaurioituminen johtuu katolla varomattomasti liikkumisesta ja työskentelemisestä esimerkiksi lumitöiden yhteydessä.



Kuva 9: Bitumikate (rakentaja 2015)

Metallikate on yleisimmin valmistettu kuumasinkitystä ja pinnoitetusta teräsohutelevystä. Poimulevykate on vain yhteen suuntaan muotoiltu metallilevy, jossa urat ovat tasaisia harjalta räystäälle. Muotolevy taas on moneen suuntaan muotoiltu, jossa harjalta räystäälle tulevien urien pykälät luovat tiilikatemaisen ulkomuodon. Konesau-

mattu peltikate on taas kokonaan tasainen, jossa on vain levyjen välillä poimu saumakohdissaan. Metallikatteet on pinnoitettava jos kate ei ole valmiiksi pinnoitettu sen voi pinnoittaa erilaisilla kattomaaleilla tai bitumipohjaisilla pinnoitteilla. Alumiinistä tai kuparista valmistetut levyt eivät tarvitse erillistä pinnoitetta. Poimulevyllä katon vähimmäiskaltevuus on 1:6 ja muotolevykatteella 1:4. Katelevyillä käytetään ruodelaudoitusta (32*100mm). Ruoteet tulee kiinnittää kahdella kiinnikkeellä jokaiseen kattotuoliin. Itse profiilikate kiinnitetään tiivisteellisillä porankärkiruuveilla profiilin pohjasta ruoteisiin. Peltikatto kestää 30-50 vuotta rasitusluokasta riippuen. Peltikaton ikää voi myös pidentää säännöllisellä puhdistamisella, naarmujen paikkamaalauksella, läpivientien tarkistamisella sekä kattopinnan maalauksella. Peltikattojen yleisimpiä vaurioita ovat korrosio sekä kolhut.



Kuva 10: muotolevykate (varmavesikatto 2015)



Kuva 11: Konesaumattu peltikatto (ulkoremontit 2015)

Tiilikatteita valmistetaan savikattotiilistä sekä betonikattotiilistä. Nykyään kattotiilinä suurimmaksi osaksi käytetään betonitiiliä, koska ne ovat savesta polttamalla valmistettavia savitiiliä mittatarkempia. Betonikattotiilet tarvitsevat kattokaltevuudeksi vähintään 1:4, jotta sen voi asentaa vapaasti asennettavan aluskatteen päälle. Jos taas kattokaltevuus on pienempi kuin 1:4 tai kyseessä on tuulinen paikka tai katto on monimuotoinen, tarvitaan aluskatteeksi aluskermi. Loivin katto johon betonitiilikatto sopii on 1:5. Savitiilellä vapaasti asennettava aluskate käy vain jos kattokaltevuus on vähintään 1:3. Muissa tapauksissa täytyy käyttää aluskermiä. Savikattotiilille loivin sopiva katto on kaltevuudeltaan 1:4. Tiilistä aiheutuva kuorma kattotuoleille, kattoristikoiden ja ruoteille on noin 45 Kg/m^2 . Ruoteiden siis tulee olla tarpeeksi vahvoja kestääkseen tiilien ja katolle asennettavan aurinkojärjestelmän painon. Ruoteiden kiinnityksen kattotuoleihin on myös kestettävä sama paino. Ruoteiden kokoon vaikuttaa kattotuolien jako. Tiilikatto aloitetaan latomalla alhaalta ylöspäin ja naulausta täytyy käyttää ala- ja päätyräystäiden reunoilla, taitekohdissa, läpivientien ympärillä ja leikatut tiilet tarvitsee aina naulata. Kaikki kattotiilet naulataan jos kattokaltevuus on yli 60° . Tiilikatto kestää 40-50 vuotta rasitusluokasta riippuen. Sen yleisin vaurio on tiilen murtuminen tai säröytyminen. Tiilikaton huoltoon kuuluu katon pesu, suoja-aineen laittaminen ja rikkiäisten tiilien vaihtaminen. (Toimivat katot Kattoliitto 2013) (omataloyhtiö 2015)



Kuva 12: Tiilikatto (ormax 2015)

3.1.4 Huomioitavaa katoissa.

Aurinkoenergelaitteiston asentamista harkittaessa on ensimmäiseksi otettava huomioon, että katto on siinä kunnossa että sinne kannattaa järjestelmä asentaa, eli katon teknistä käyttöikää olisi jäljellä vähintään 25-30 vuotta. Tämä siksi ettei katetta tarvitse vaihtaa kun energijärjestelmä on katolla, vaan sitten kun keräimien ja paneelienkin käyttöikä on loppumassa. Jotta katon jäljellä olevaa ikää voidaan arvioida, tulee tietää koska katto on uusittu. Sen jälkeen voidaan tarkastella onko esimerkiksi läheiset puut aiheuttaneet kattoon rasituksia. Yksi tärkeä osa on myös, kuinka kattoa on huollettu ja onko siinä havaittu vuotoja, nämä selvitetään asukasta haastattelemalla. Kun on todettu että katolla on käyttöikä sen verran että asentaminen on järkevää, otetaan katto tarkempaan käsittelyyn. Katemateriaali ratkaisee minkälaisia kiinnikkeitä ja läpivientejä tullaan käyttämään.

Järjestelmän kiinnityksiä suunniteltaessa on tärkeä tietää minkälainen katon rakenne on. Katon rakenteissa huomioitavaa on kattotuolien jako ja sijainti, koska kiinnitykset tulee saada niiden kohdalle. Kattotuolien jälkeen tarkastelun kohteeksi otetaan ruoteet tai aluslaudoitus. Ruoteista tarvitsee tarkistaa että ne on tehty niin vahvasta puusta että ne kestävät järjestelmän sekä mahdollisen kulmaan asennuksen aiheuttaman lumikuorman ja tuulikuorman lisääntymisen. On myös varmistettava että ruoteiden lisäksi myös ruoteiden kiinnitys kattotuoleihin kestää samat lisäkuormat. Parhaiten katon rakenteen ja mahdolliset vuodot pystyy havaitsemaan, jos on mahdollisuus päästä yläpohjaan katsomaan. Rakennetta voi selvittää myös piirustuksista sekä edistyneellä rakenneskannerilla katteen läpi. Itse katemateriaalin kiinnitystä tarvitsee tutkia konesaumakatoilla joissa järjestelmä kiinnitetään katemateriaaliin. Konesaumatuilla katoilla asennus saattaa kestää pellissä mutta on varmistuttava että itse peltikate on tarpeeksi lujasti kiinnitetty ruoteisiin ja kattotuoleihin. Tässä saattaa esiintyä puutteita ja tarvetta lisäkiinnitykselle, joka yleensä hoidetaan urakkaan kuulumattomina lisätöinä kuin myös esimerkiksi ruoteiden ja kiinnityspisteiden vahvistuksetkin. Vastuu katon rakenteesta ja sen kestävydestä on asiakkaalla.

Lisäksi katolla tarkkuutta vaativia paikkoja ovat kiinnikkeiden katemateriaalin läpäisyt sekä mahdollisia putkia varten tarvittavat läpiviennit. Nämä ovat niitä kohtia joissa katteen vedenpitävyys vaarantuu ja syntyy vuotoriskejä. Katossa on aina käytettävä aurinkojärjestelmän asennukseen tarkoitettuja kiinnikkeitä ja huolehdittava kiinnikkeen kohdan vesitiivyydestä valmistajan ohjeen mukaan. Erilaisia kiinnike vaihtoehtoja eri katemateriaalille esitellään tämän työn asennukset osiossa. Läpivienneissä on myös huolehdittava vesitiiveyden säilymisestä. Läpivienneissä on järkevintä käyttää valmiita läpivientiratkaisuita kuten esimerkiksi Vilpe, jolla on aurinkokeräimien läpivienneille tarkoitettu sarja eri katemateriaaleille ja myös bitumikaton jälkiasennukselle. Läpiviennit tulisi myös sijoittaa mahdollisimman lähelle katon harjaa, jolloin lumikuormat eivät pääsisi niin voimakkaasti vaikuttamaan läpiviennin kestävyteen. (Toimivat katot Kattoliitto 2013)

3.2 Seinät

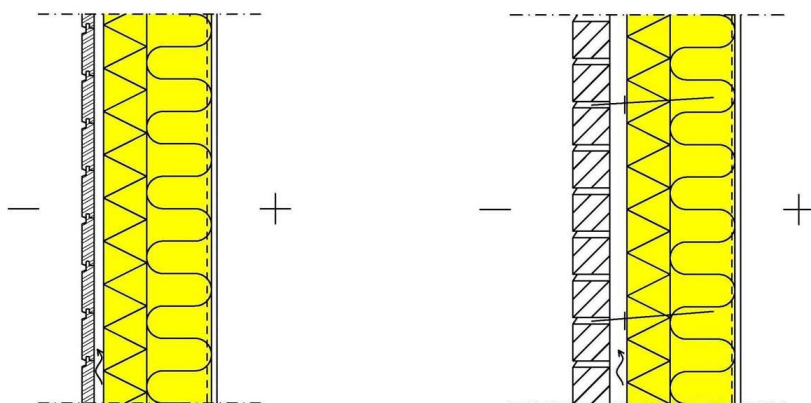
Seinät ovat toinen paikka talossa paneelien tai keräimien asentamiselle. Seinälle asentaminen on hankalampaa kaupungeissa, koska esteellisyys on suurempaa kuin kattoasennuksilla. Seinälle asennettaessa puut ja muut esteet tarvitsisi karsia vähintään alle 20° kulmaan asennuspaikalla maanpinnasta horisonttiin katsottuna, jotta paneelien ja keräimien päälle syntyvät varjot pystytään minimoimaan. Aurinkojärjestelmät asennetaan yleensä eteläiselle seinälle, joka saattaa koitua ongelmalliseksi. Eteläinen seinä on yleensä talossa se, johon on sijoitettu runsaasti ikkunoita ja esimerkiksi terassi, nämä rajoittavat seinäpinta-alaa jolle järjestelmää voidaan asentaa eikä tila välttämättä riitä.

Seinäasennukset soveltuvatkin paremmin haja-asutusalueelle joissa tilaa on enemmän. Seinäasennuksien hyötynä kattoihin verrattuna on se että vetojen pituus paneelilta ja keräimiltä varaajille ja sähköjärjestelmään saattaa pienentyä huomattavasti. Seinäasennusta käytettäessä vältetään myös kattojen riskikohteita olevat vesikaton lävistyksset. Seinälle asennuksessa ei ole myöskään vaaroja tuuli ja lumikuormista ja näin ollen kiinnitysten tarvitseekin kestää vain järjestelmän paino. Seinillä myös huoltotoimenpiteet ja puhdistaminenkin ovat helpompaa. Seinäpintojen kunnosta on kuitenkin huolehdittava samalla lailla kuin vesikatteellakin, ettei julkisivuremontti ole paneelien ja keräinten käyttöajan aikana ajankohtainen.

Paneelien ja keräimien asennukseen täytyy huomioida, että materiaali johon kiinnitys tehdään on tarpeeksi vahvasti kiinni kantavassa rakenteessa, eikä lähde laitteiden painosta repeytymään irti tai murtumaan. Puujulkisivun iäksi on laskettu 50 vuotta, mutta se tarvitsee huoltomaalausta vähintään 15 vuoden välein ja eteläseinällä useamminkin. Rapatulla ja tiiliverhoillulla seinällä ei tule vuodet vastaan vaan on katsottava että rappaus on hyväkuntoinen ja ehjän näköinen. (suomirakentaa 2015)(Aurinko-opas Erat ym 2008)

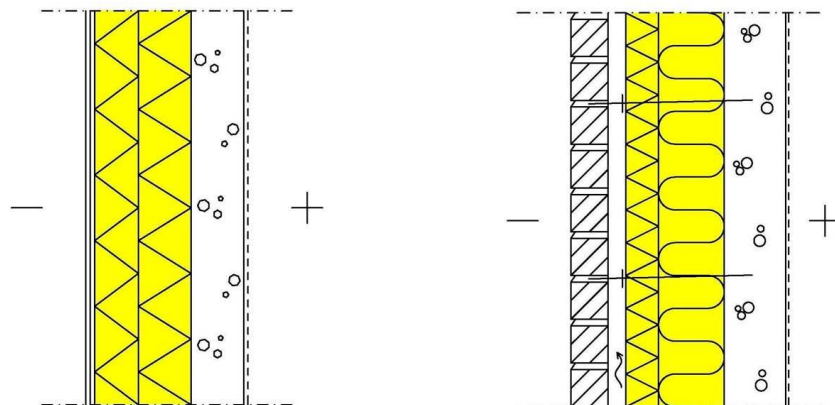
3.2.1 Seinärakenteet.

Puurakenteinen seinä on yleisesti omakotitaloissa käytetty vaihtoehto. Siihen kuuluu sisäverhouslevy (kipsilevy), puurunko jonka välissä on lämmöneriste, tuulensuojalevy, tuuletusrako ja julkisivupinnoite. Tuuletusrako kerroksessa heti julkisivun takana on koolaukset joihin julkisivupinnoite kiinnitetään kuten puuverhouksessa tai erilaisia julkisivulevyjä käytettäessä. Puuverhoillussa julkisivussa tuuletus tapahtuu verhouksen alareunasta joka on auki. Tiilistä muuratussa julkisivussa ei tarvita koolaus- ta, mutta on muistettava jättää taakse tuuletusrako ja huolehdittava että tarpeellinen määrä saumoja on jätetty muuraamatta tuuletuksen varmistamiseksi. Tarpeellinen tuuletusväli puuverhouksella on minimissään 30mm. (isover 2015)



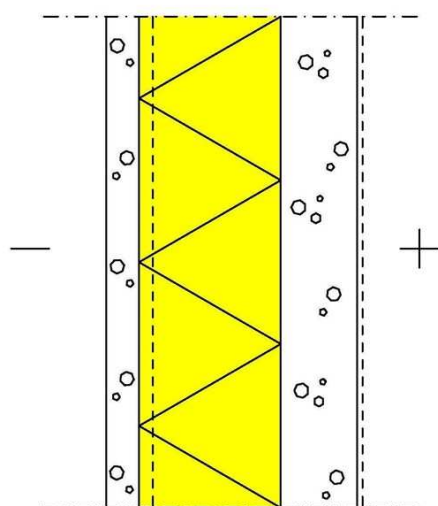
Kuva 13: Puurunkoinen rakenne puu- ja tiiliverhouksella (isover 2015)

Massiiviseinissä on kantava rakenne kuten esimerkiksi betonielementti, jonka päälle tulee lämmöneriste, höyrynsulku ja julkisivu. Tässä kantava elementti korvaa puurungon ja lämmöneriste asennetaan kantavan rakenteen päälle eikä väleihin kuten puurunkorakennetta käytettäessä. Jos massiiviseinään halutaan julkisivuna käyttää erilaisia julkisivulevyjä, tulee kantavaan rakenteeseen asentaa teräsrunko, joka toimii edellä mainitun puurungon tavoin.



Kuva 14: Betonirunko rapatulla pinnalla sekä muuratulla pinnalla (isover 2015)

Sandwich elementtiä käytetään yleensä suurissa rakennuksissa kuten kerrostaloissa. Sandwich elementti sisältää molemmin puolin eristettä olevan betonikerroksen. Sisäpuolinen betoni on kantava rakenne ja ulospäin tuleva betonipinta on ulkokuori. Sandwich elementin tuuletus voidaan halutessa toteuttaa käyttämällä uritettua lämmöneristettä, joka huolehtii tuuleuksesta. Betonisandwich elementtien julkisivuissa voidaan käyttää esimerkiksi rappausta tai tiiliverhousa tai siitä voidaan tehdä muuratun näköinen tai rapattu jo tehtaalla.



Kuva 15: Betonisandwich elementtirakenne (isover 2015)(rakennusperinto 2015)

4 TUULI- JA LUMIKUORMAT

4.1 Vaikuttavat kuormat katonsuuntaisilla asennuksilla jyrkillä katoilla

4.1.1 Kattoon ja kiinnitykseen vaikuttava lumikuorma.

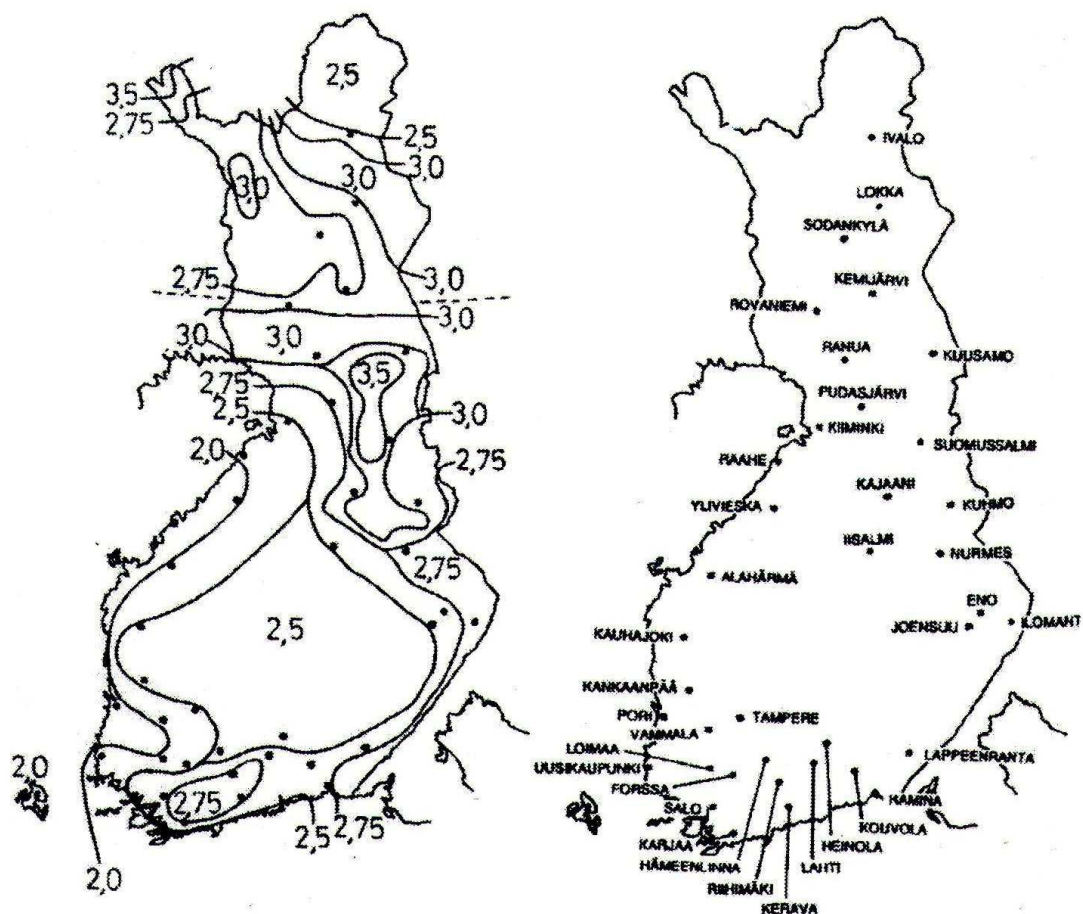
Katon suuntaista asennusta käytetään pääsääntöisesti aina jyrkillä katoilla. Tällöin hyötysuhde jää hieman pienemmäksi kuin kulmaan asennusta käytettäessä, mutta se kompensoidaan mitoittamalla järjestelmän koko hieman optimaalista suuremmaksi. Katon suuntainen asennus poistaa suurimman osan hankalista kohdista, joita kulmaan asentaminen tuottaisi. Tällaisia ongelmia olisi muun muassa paneelien taakse kinostuvat lumikuormat, jotka samalla tukkisi paneelin takaisen tuuletuksen ja rasittaisi huomattavasti enemmän katon kiinnikkeitä. Kulmaan asentaminen tekisi myös paneelien puhdistamisen lumesta hankalammaksi. Tällöin myös paneelirivien pitäisi olla etäämpänä niin, etteivät rivit varjosta toisiaan etenkin keväällä ja syksyllä kun aurinko on matalalla. Seuraavassa laskentaa kuormista, jotka kohdistuvat paneelisiin ja kiinnityksen kautta kattorakenteisiin. Kuormat lasketaan RIL 201-1-2011 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat mukaan seuraavasti.

Paneelien päälle tuleva lumikuorma lasketaan kaavasta

$$S = \mu_i \times C_e \times C_t \times S_k \quad \text{Kaava 1 (RIL 201-1-2011 Suunnitteluperusteet 2011)}$$

S = katon lumikuorma

S_k = maassa olevan lumikuorman ominaisarvo [kN/m^2]. Katsotaan paikkakunnan mukaan alla olevasta kuvasta 16.

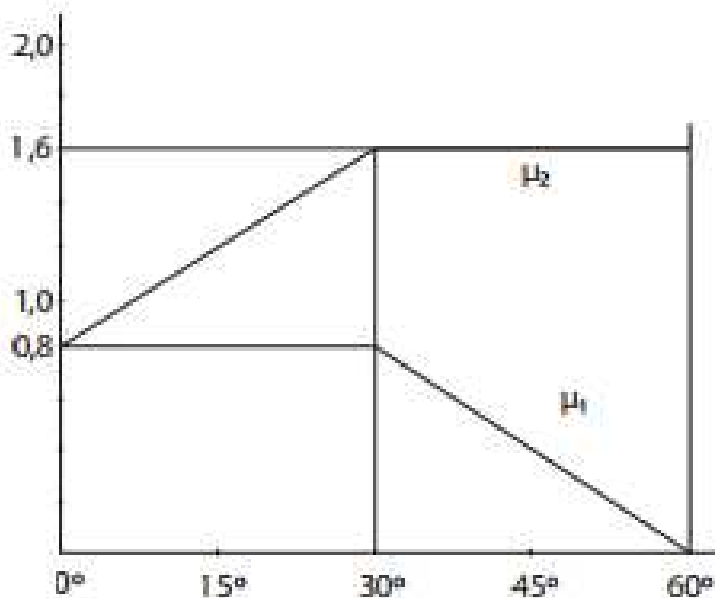


Kuva 16: maassa olevan lumikuorman ominaisarvo [kN/m^2] (RIL 201-1-2011 Suunnitteluperusteet 2011)

μ_i = lumikuorman muotokerroin, muotokertoimet esitetään taulukossa ja kuvassa. Esitetyt arvot ovat voimassa, kun lumen liukumista ei estetä katolta. Jos katolla on jokin lumen liukumisen este, tulee käyttää vähintään arvoa 0,8, joka on myös meidän tapauksissamme kyseessä.

Taulukko 3: muotokertoimet (RIL 201-1-2011 Suunnitteluperusteet 2011)

Katon kaltevuuskulma α	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0,8	$0,8(60-\alpha)/30$	0,0
μ_2	$0,8+0,8\times\alpha/30$	1,6	1,6



Kuva 17: Kuvaaja muotokertoimista eri kattokaltevuuksilla (RIL 201-1-2011 Suunnitteluperusteet 2011)

C_e = tuulensuojaisuuskerroin. Tuulensuojaisuuskerroin on 0,8 kun maastotyyppi on tuulinen. Muulloin tuulensuojaisuuskerroin on 1,0. Esimerkiksi maastoluokat 0-2 voidaan laskea tuulisiin alueisiin, joilla tuulensuojaisuuskerroin 0,8 ja maastoluokissa 3-4 kerroin olisi 1,0. Katso maastoluokat kuvasta 18.

C_t = lämpökerroin jonka suuruus on tavallisesti 1,0

Lausekkeesta saadaan lumikuorman suuruus kilonewtoneina [kN] neliometriä [m²] kohden katolla. Yhdelle kiinnikkeelle tulevan kuorman suuruus saadaan seuraavasta lausekkeesta.

$$F = \frac{S \times A_{\text{paneeli}}}{n} \quad \text{kaava 2 (RIL 201-1-2011 Suunnitteluperusteet 2011)}$$

F = voiman suuruus [kN]

S = katon lumikuorma [kN/m²]

A_{paneeli} = paneelin pinta-ala

n = paneelin kiinnikkeiden lukumäärä

Paneelien tai keräimien yläpuolelle kerääntyvä lumi katon harjalle asti ja sen vaikutus liukuessaan alaspäin. Tällä alueella tarkoitetaan lunta, joka sijaitsee aurinkopaneelirivin yläreunan ja harjan välillä. Sama periaate pätee myös putkiin, jotka joudutaan vetämään katon poikki vaakatasossa, esimerkiksi silloin kun läpiviennin tekeminen ei ole mahdollista. Laskenta alkaa selvittämällä katon lumikuorma S joka lasketaan kaavalla 1.

Liukumasta aiheutuva kuorma.

$$F_s = S \times b \times \sin \alpha \quad \text{kaava 3 (RIL 201-1-2011 Suunnitteluperusteet 2011)}$$

F_s = Liukumasta aiheutuva kuorma metrin kaistalla [kN]

S = katon lumikuorma (kaava 1)

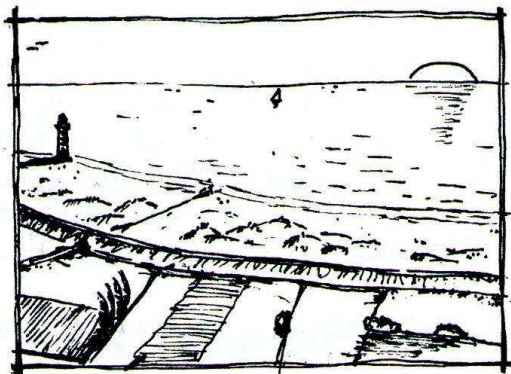
b = vaakatasossa mitattu etäisyys paneelien yläreunasta harjalle [m]

α = katon kaltevuus asteina

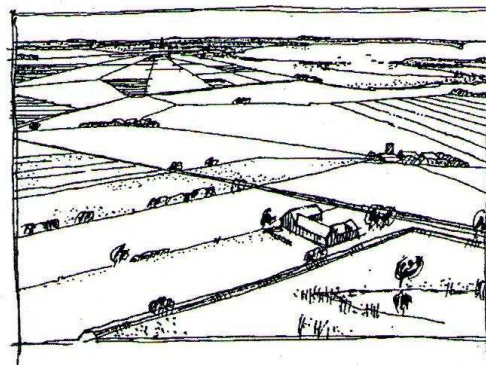
4.1.2 Kattoon ja kiinnitykseen vaikuttava tuulikuorma

Katolle aiheutuu tuulikuormaa, jonka katon suuntaisesti asennetut paneelit välittävät kiinnikkeille ja siitä kantaviin rakenteisiin. Paneeliin kohdistuvan tuulen aiheuttaman kuorman suuruus riippuu missä osassa kattoa paneelit sijaitsevat, mistä suunnasta tuuli osuu talolle ja mitkä ovat ympäröivän maaston pinnanmuodot.

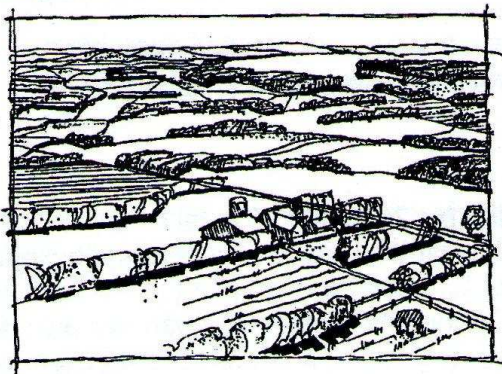
Ensimmäisenä pitää selvittää millä maastoluokalla rakennus sijaitsee. Maastoluokka vaikuttaa tuulen aiheuttaman kuorman suuruuteen. Maastoluokat löytyvät kuvasta 18.



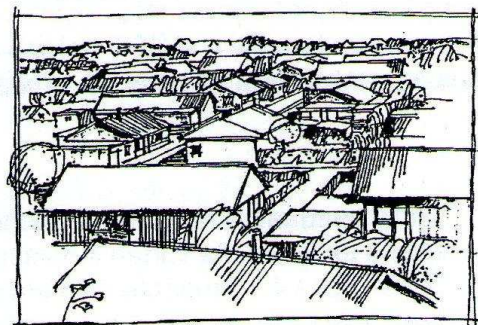
Maastoluokka 0: Meri, avoimen meren äärellä oleva rannikkoalue.



Maastoluokka I: Järvi tai alue, jolla on vähäistä kasvillisuutta eikä esteitä.

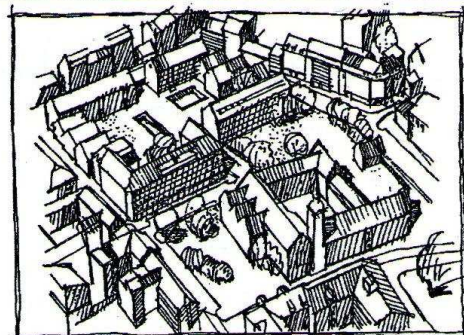


Maastoluokka II: Alue, jolla on matalaa kasvillisuutta, kuten heinää tai ruohoa ja erillisiä esteitä (puita, rakennuksia), jotka ovat vähintään esteen 20-kertaisen korkeuden etäisyydellä toisistaan.



Maastoluokka III: Alue, jolla on säännöllinen kasvipeite tai rakennuksia tai erillisiä esteitä, jotka ovat esteen 20-kertaista korkeutta lähempänä toisiaan (kuten kylät, esikaupunkialueet, pysyvä metsä).

Maastoluokka IV: Alue, jolla vähintään 15 % alasta on rakennusten peitossa ja joiden keskimääräinen korkeus ylittää 15 m.



Kuva 18. maastoluokat (RIL 201-1-2011 Suunnitteluperusteet 2011)

Pintoihin vaikuttava tuulenpaine lasketaan seuraavasti. Mikäli tuloksesta tulee negatiivinen tarkoittaa se että rakenneosaan tuuli aiheuttaa imua eli vetää rakenneosaa talosta pois päin ja positiivisena taas painaa rakenneosaa taloon päin.

$$W_e = qp(Z_e)C_{pe} \quad \text{kaava 4 (RIL 201-1-2011 Suunnitteluperusteet 2011)}$$

W_e = yksittäiseen pintaan korkeudella Z_e vaikuttava ulkopuolinen paine [kN/m^2]

$$q_p(Z_e) = \text{puuskanopeuspaine}$$

Taulukko 4: Nopeuspaine $q_{p0}(Z)$ [kN/m²] saadaan taulukosta talon korkeuden ja maastoluokan mukaan. (RIL 201-1-2011 Suunnitteluperusteet)

Z (m)	0	I	II	III	IV
0	0,66	0,42	0,39	0,35	0,32
1	0,66	0,42	0,39	0,35	0,32
2	0,78	0,52	0,39	0,35	0,32
5	0,96	0,65	0,53	0,35	0,32
8	1,05	0,73	0,61	0,43	0,32
10	1,09	0,76	0,65	0,47	0,32
15	1,18	0,83	0,72	0,55	0,40
20	1,24	0,88	0,77	0,60	0,45
25	1,29	0,92	0,82	0,65	0,50

Mikäli talo sijaitsee rinteessä tai mäessä korjataan taulukon 4 nopeuspaineen arvoa muuttujalla γ_D .

$$q_p(Z) = \gamma_D \times q_{p0}(Z) \quad \text{kaava 5 (RIL 201-1-2011 Suunnitteluperusteet 2011)}$$

Muuttujan γ_D laskenta kun talo sijaitsee rinteessä jossa maasto on tasaista rinteeseen asti sekä rinteiden jälkeen tai rakennus sijaitsee rinteiden jälkeen tasaisella.

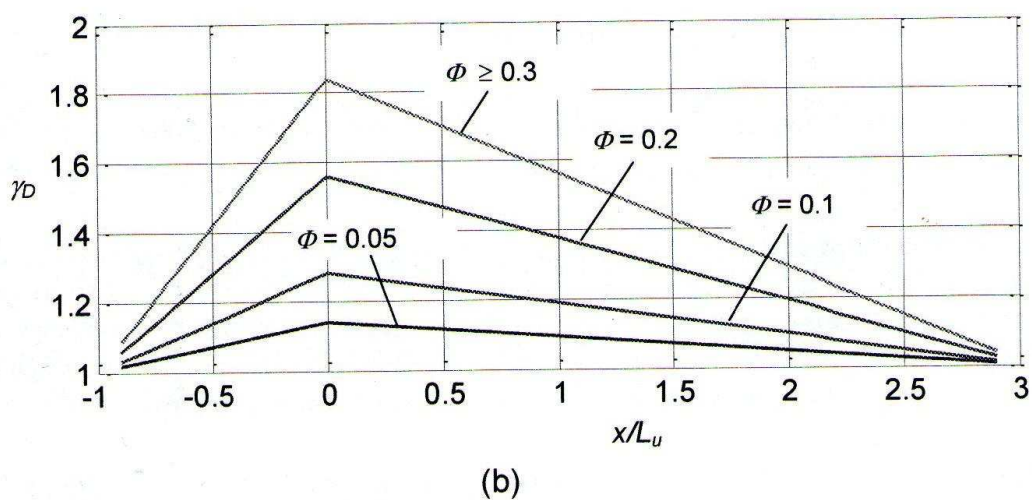
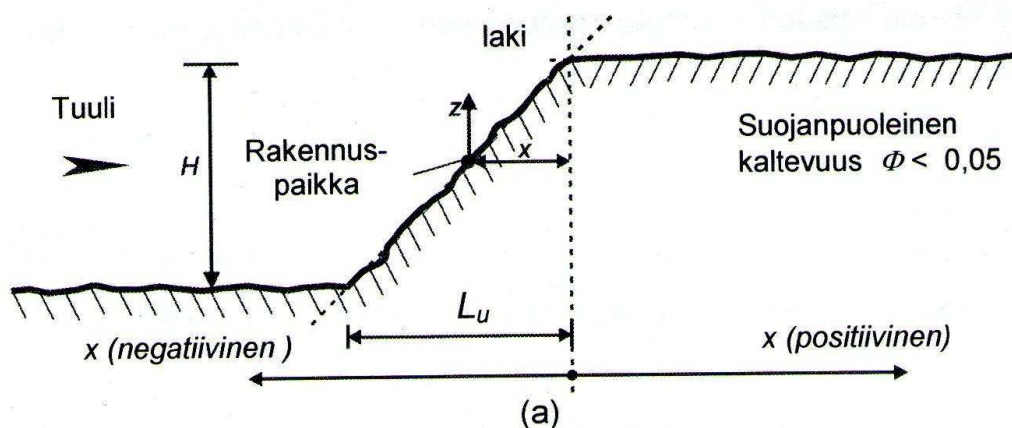
$$\gamma_D = 1 + 2,8 \times \Phi \times \left(1 + \frac{x}{L_u}\right) \quad \text{kun } x < 0 \quad \text{kaava 6A (RIL 201-1-2011 Suunnitteluperusteet 2011)}$$

$$\gamma_D = 1 + 2,8 \times \Phi \times \left(1 - 0,33 \times \frac{x}{L_u}\right) \quad \text{kun } x \geq 0 \quad \text{kaava 6B (RIL 201-1-2011 Suunnitteluperusteet 2011)}$$

Φ on kaltevuus H/L_u

x on rakennuspaikan kohtisuora etäisyys rinteiden harjasta

L_u on rinteiden alapään kohtisuora etäisyys rinteiden harjasta



Kuva 19: Havainne kuva rinteän muuttujan γ_D laskentaan tarvittavista arvoista sekä sen suuruutta demonstroiva kuvaaja. (RIL 201-1-2011 Suunnitteluperusteet 2011)

Muuttujan γ_D laskenta kun rakennus sijaitsee mäellä joko tuulen puolella tai suojan puolella.

$$\gamma_D = 1 + 2,8 \times \Phi \times \left(1 + \frac{x}{L_u}\right) \quad \text{kun } x < 0 \quad \text{kaava 7A (RIL 201-1-2011}$$

Suunnitteluperusteet 2011)

$$\gamma_D = 1 + 2,8 \times \Phi \times \left(1 - 0,47 \times \frac{x}{L_u}\right) \quad \text{kun } x \geq 0 \quad \text{kaava 7B (RIL 201-1-2011}$$

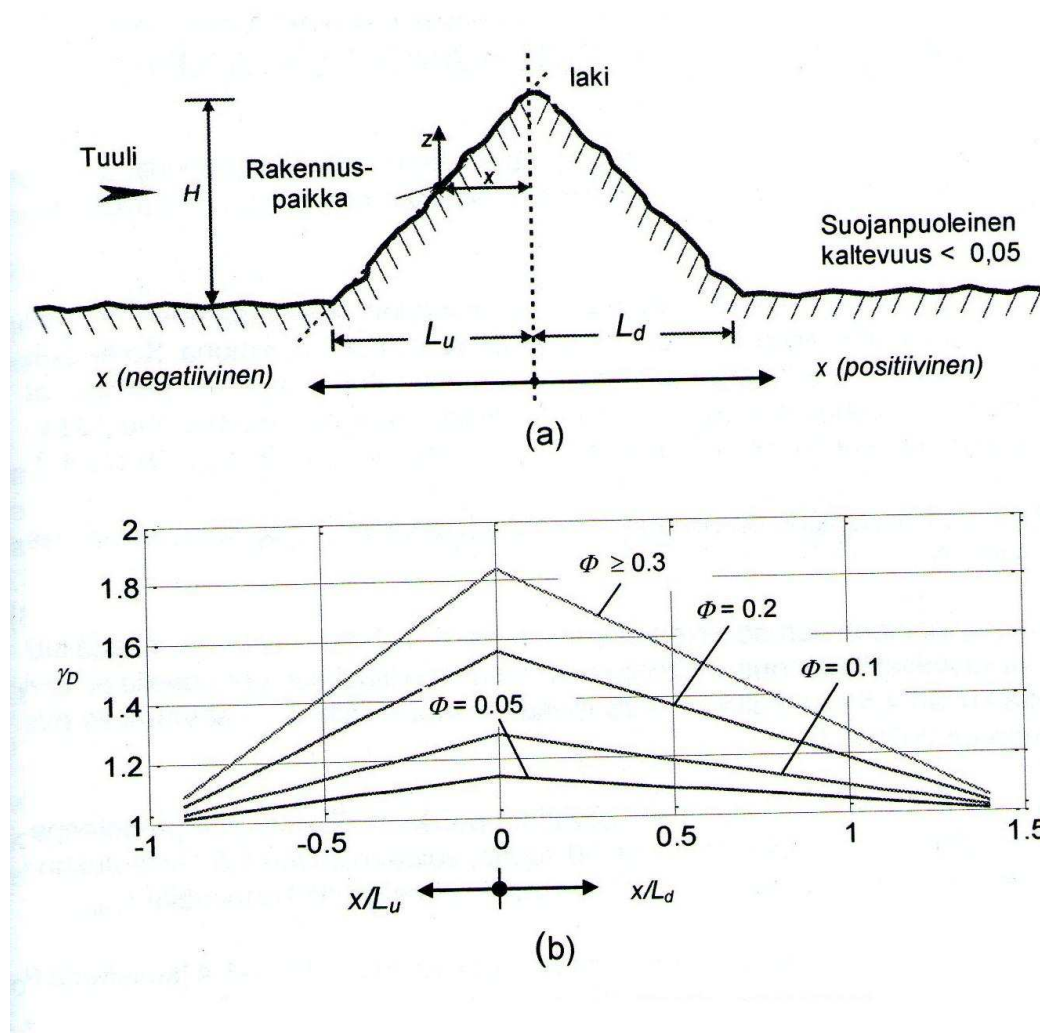
Suunnitteluperusteet 2011)

Φ = kaltevuus H/L_u

x = rakennuspaikan kohtisuora etäisyys mäen harjalta

L_u = mäen alapään kohtisuora etäisyys mäen harjasta tuulen puolella

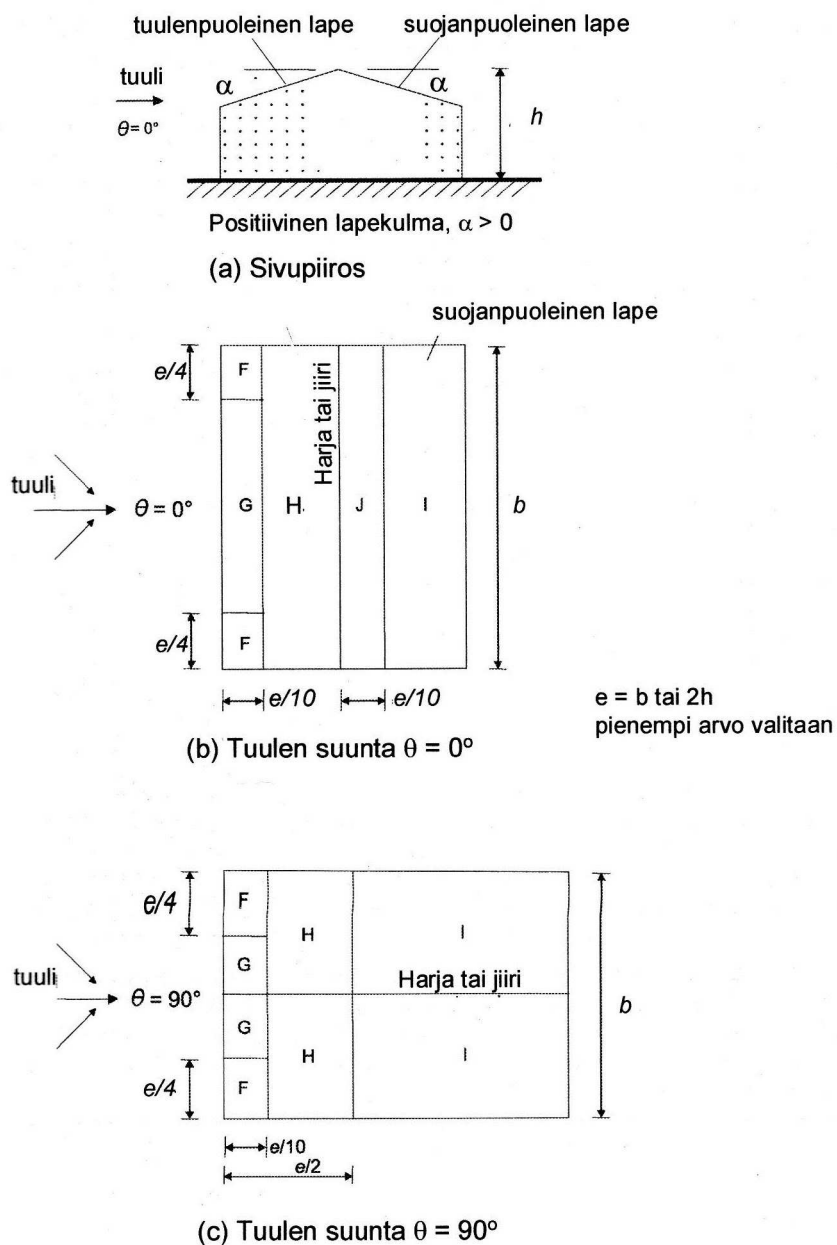
L_d = mäen alapään kohtisuora etäisyys mäen harjasta suojan puolella



Kuva 20: Havainne kuva mäessä sijaitsevaan rakennukseen kohdistuvasta muuttujasta γ_d , sen muuttujista sekä suuruutta havainnollistava kuvaaja. (RIL 201-1-2011 Suunnitteluperusteet 2011)

C_{pe} = ulkoisen paineen painekerroin. Ulkoinen painekerroin määräytyy katon muodon mukaan. Sen suuruus vaihtelee kattotypin ja katon tarkasteltavan alueen mukaan.

Kertoimen valitseminen harjakatolla. Ensinnäkin valitaan katon alue F-J sen mukaan mitä kohtaa katolla halutaan tarkastella (Kuva 21). Alueen jälkeen katsotaan katon kaltevuuskulma ja mennään sen mukaiselle riville taulukossa (taulukko 5) ja valitaan painekerroin $C_{pe,1}$ tai $C_{pe,10}$. Valitaan $C_{pe,1}$ jos tarkastellaan 1 m^2 aluetta katolla ja $C_{pe,10}$ jos tarkasteltava katon ala on 10 m^2 .



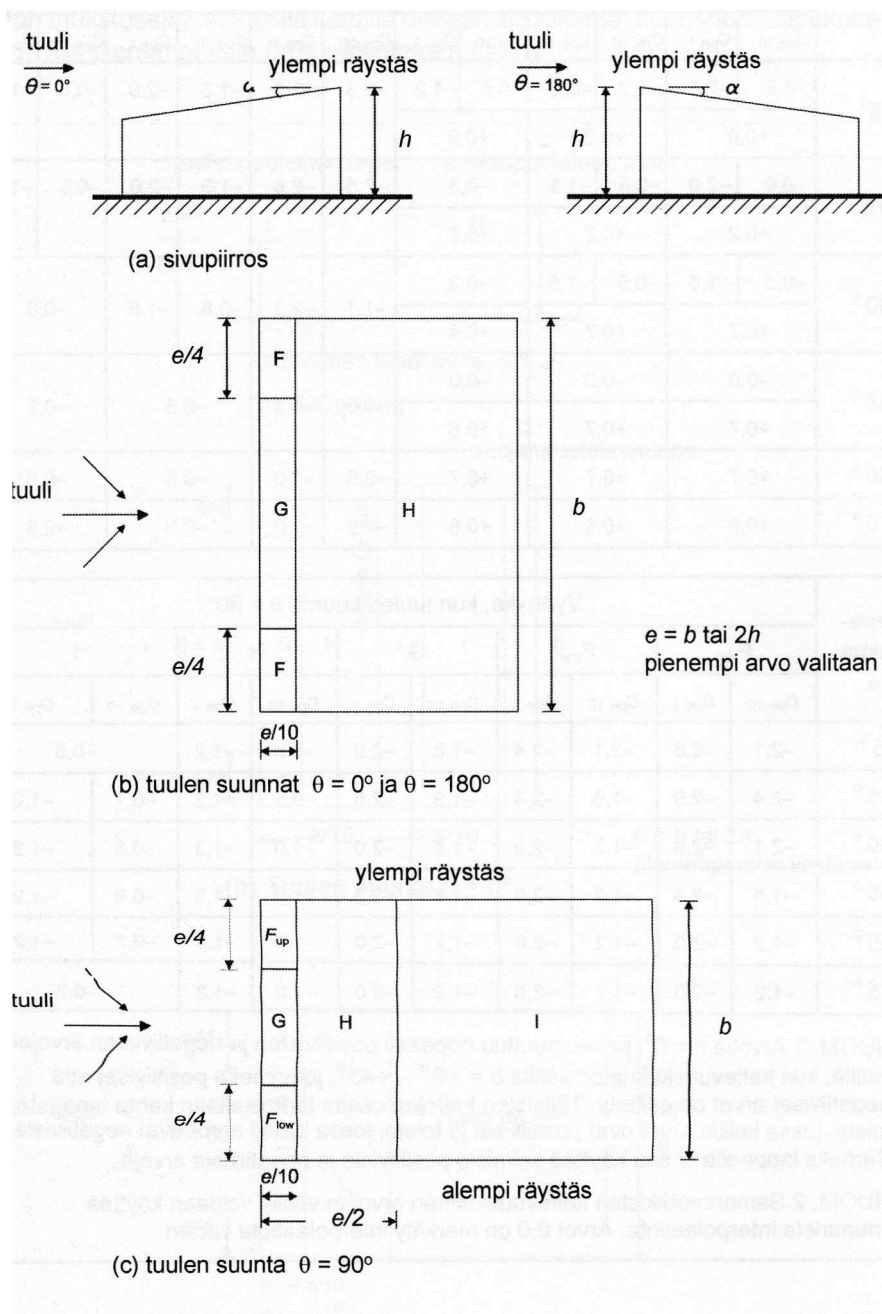
Kuva 21: Eri vyöhykkeet harjakatolla (RIL 201-1-2011 Suunnitteluperusteet 2011)

Taulukko 5: Harjakaton suositellut painekertoimet eri kattokaltevuuksilla ja eri vyöhykkeillä ja eri tarkastelualoilla, kun tuuli tulee kattolapteen suuntaisesti (0°) tai päädystä (90°). Negatiiviset asteet kuvaavat käännettyjä kattoja ja positiiviset normaaleja. (RIL 201-1-2011 Suunnitteluperusteet 2011)

		Vyöhyke kun tuulen suunta $\theta = 0^\circ$									
Kaltevuus		F		G		H		I		J	
kulma α		CPE,10	CPE,1	CPE,10	CPE,1	CPE,10	CPE,1	CPE,10	CPE,1	CPE,10	CPE,1
-15		-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5	-0,5	-0,7	-1,2
-5		-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	0,2	0,2	0,2	0,2
5		-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,6	-0,6	0,2	0,2
15		-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-1,0	-1,5
30		-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2	-0,2	-0,4	-0,4	-0,5	-0,5
45		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3
		Vyöhyke kun tuulen suunta $\theta = 90^\circ$									
-15		-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	-0,8	-1,2		
-5		-1,5	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	-1,2		
5		-1,6	-2,2	-1,3	-2,0	-0,7	-1,2	-0,5	-0,5		
15		-1,3	-2,0	-1,3	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	-0,5		
30		-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,8	-1,2	-0,5	-0,5		
45		-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5	-0,5		

Taulukko 6: Kertoimen valitseminen pulpettikatoilla tapahtuu samalla tavalla, kuin harjakatoillakin alla olevasta taulukosta. Pulpettikattojen selittävä kuva 22 löytyy seuraavalta sivulta. (RIL 201-1-2011 Suunnitteluperusteet 2011)

		Vyöhyke kun tuulen suunta $\theta = 0^\circ$						Vyöhyke kun tuulen suunta $\theta = 180^\circ$					
Kaltevuus		F		G		H		F		G		H	
kulma α		CPE,10	CPE,1	CPE,10	CPE,1	CPE,10	CPE,1	CPE,10	CPE,1	CPE,10	CPE,1	CPE,10	CPE,1
5		-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-2,3	-2,5	-1,3	-2,0	-0,8	-1,2
15		-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3	-0,3	-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2
30		-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2	-0,2	-1,1	-2,3	-0,8	-1,5	-0,8	-0,8
45		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,6	-1,3	-0,5	-0,5	-0,7	-0,7
		Vyöhyke kun tuulen suunta $\theta = 90^\circ$											
		F up		F low		G		H		I			
		CPE,10	CPE,1	CPE,10	CPE,1	CPE,10	CPE,1	CPE,10	CPE,1	CPE,10	CPE,1		
5		-2,1	-2,6	-2,1	-2,4	-1,8	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	-0,5		
15		-2,4	-2,9	-1,6	-2,4	-1,9	-2,5	-0,8	-1,2	-0,7	-1,2		
30		-2,1	-2,9	-1,3	-2,0	-1,5	-2,0	-1,0	-1,3	-0,8	-1,2		
45		-1,5	-2,4	-1,3	-2,0	-1,4	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2		



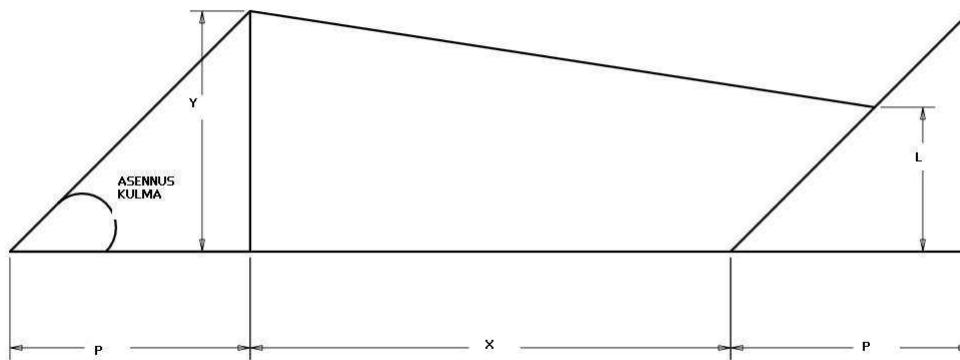
Kuva 22: eri vyöhykkeet pulpettikatolla (RIL 201-1-2011 Suunnitteluperusteet 2011)

Kun halutaan tietää paneelille/keräimellä tai paneelistolle/keräimistölle aiheutuva tuulikuorma kerrotaan vaikuttava kuorma (kN/m^2) alalla, johon se vaikuttaa (m^2). Kun taas halutaan selvittää yhdelle kiinnikkeelle kohdistuva kuorma, jaetaan tutkitavalle kohteelle osuva kuorma kiinnikkeiden lukumäärällä. Samaan tyyliin kuin lumikuormallakin kaava 2.

4.2 Vaikuttavat kuormat loivilla katoilla kulmaan asennettuna

4.2.1 Kattoon ja kiinnitykseen vaikuttava lumikuorma

Loivilla katoilla käytetään kulmaan asennusta, koska paneelit tarvitsee saada osoittamaan aurinkoa kohti paremman hyötysuhteen aikaansaamiseksi. Tämä tarkoittaa noin 30° - 45° kulmaa. Kulmaan asennettaessa itse paneeleihin kohdistuva lumikuorma pienenee, mutta saattaa kinostaa lumikuorman taakseen, jolloin kattorakenteelle kohdistuva lumikuorma suurenee. Tuulikuorma suurenee merkittävästi, koska 45 ° kulmassa seisova paneeli tai keräin muistuttaa purjetta, kun tuuli pääsee painamaan siihen selkäpuolelta. Jyrkillä katoilla harja toimii paneelien ja keräimien takana suojana mutta ei loivalla katolla. Pitkillä tasaisilla katoilla saattaa syntyä myös kitka-kuormia, jotka on syytä huomioida. Kulmaan asennuksessa on myös huomioitava paneeli/ keräin rivien varjostus taaemmalle riville, tämä estetään jättämällä rivit tarpeeksi kauaksi toisistaan. Paneelien tai keräimien lumesta puhtaanapitoa voidaan helpottaa nostamalla niitä katosta 0,5 -1 metriä ilmaan. Paneelit voidaan asentaa joko vaakaan tai pystyyn, vaakatasossa niiden korkeus on noin 1m ja pystysuunnassa noin 1,7m. Tarkat mitat vaihtelevat eri tehoisten sekä eri paneelivalmistajien välillä. Keräimet asennetaan melkein aina pystysuuntaisesti jolloin korkeus on 2m. Mikäli keräimet halutaan asentaa vaakatasoon, tarvitsee käyttää siihen suunniteltua keräintä, sama keräin ei siis sovi pysty sekä vaaka asennukseen. (RIL 201-1-2011 Suunniteluperusteet 2011) (suntekno 2015) (novafuture 2015)



Kuva 23: Periaate lumen kinostumiselle kahden paneelirivin väliin. Lumi kinostuu paneelin taakse $2 \times Y$ pituiselle matkalle ellei ennen sitä vastaan tule uutta paneeli/keräin riviä tai muuta estettä.

Y = Paneelin yläreunan ja alareunan korkeusero, jossa α = asennuskulman suuruus (katso kuva 23)

$$Y = \sin \alpha \times \text{paneelin tai keräimen korkeus} \quad \text{kaava 8}$$

P = Paneelin alareunan ja yläreunan etäisyys vaakatasossa, jossa α = asennuskulman suuruus (katso kuva 23)

$$P = \cos \alpha \times \text{paneelin tai keräimen korkeus} \quad \text{kaava 9}$$

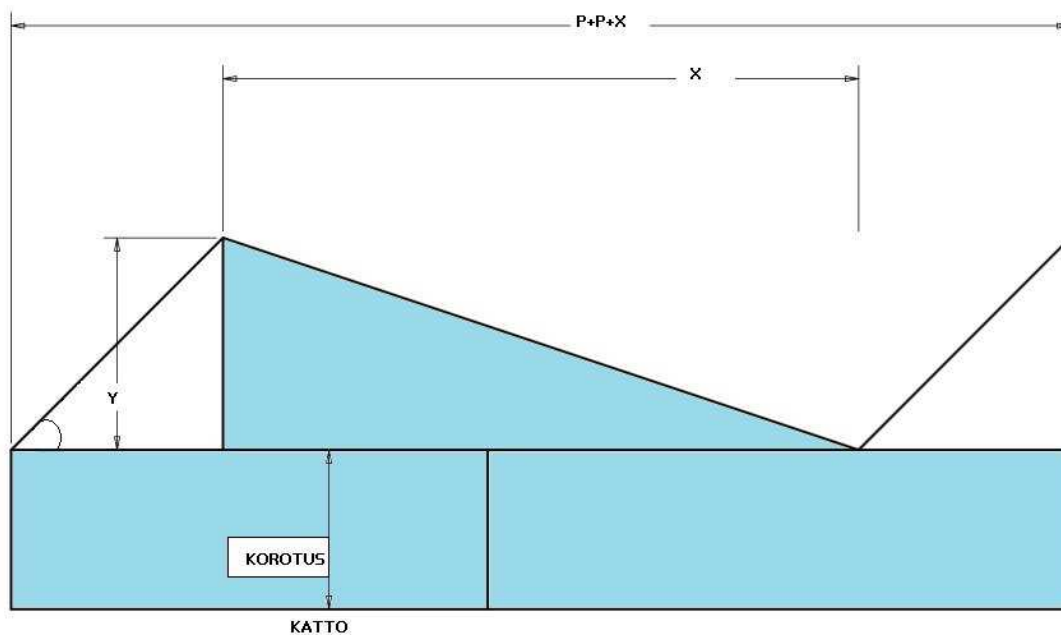
X = Paneelirivien etäisyys lasketaan seuraavalla kaavalla jossa β = haluttu kulma paneelista aurinkoon nähden ettei etummainen rivi pääse varjostamaan taaempaa.

$$X = \frac{Y}{\tan \beta} \quad \text{kaava 10}$$

L = Laskennallinen lumenkorkeus joka riippuu sijainnista kuvan 16 mukaan.

$$L [m] = (0,8 \times \text{kuvan 16 arvo} [\frac{kN}{m^2}]) / 2 [\frac{kN}{m^3}] \quad \text{kaava 11}$$

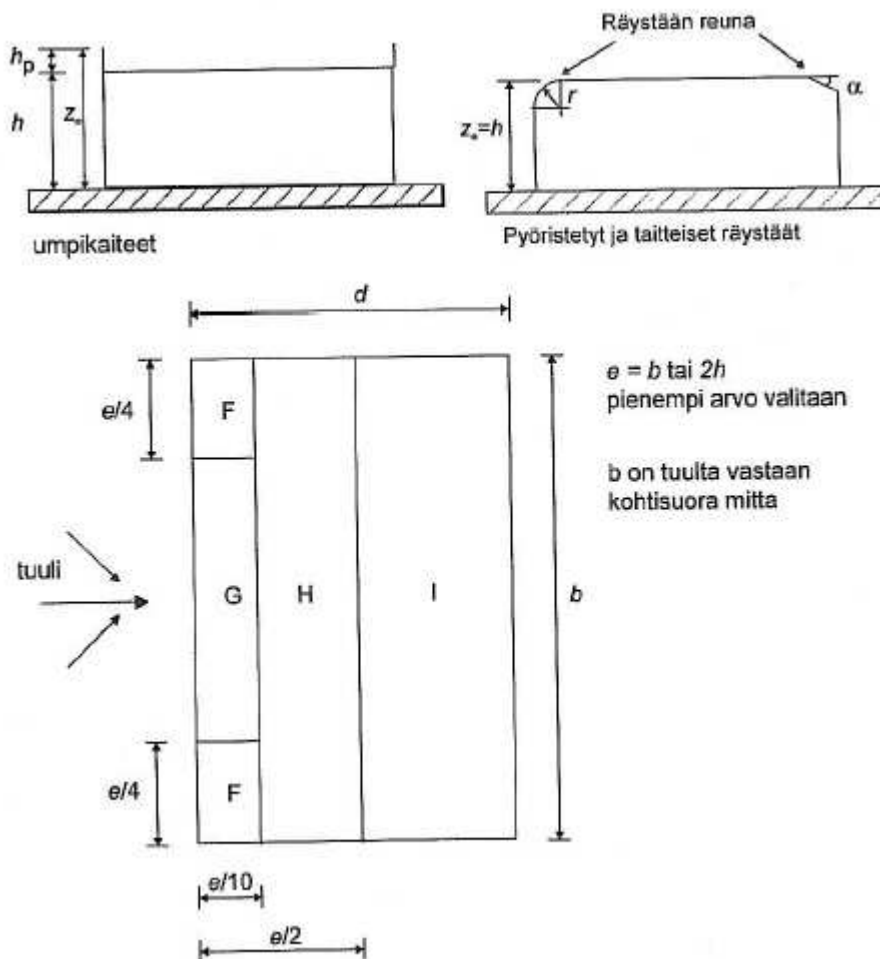
Jos taas keräimiä tai paneeleita nostetaan niin että niiden asennuskiskot ovat normaalin lumikuorman yläreunan kohdalla, vaikuttaa se lumikuorman kasvattavasti mutta poistaa ongelman ettei lumi peitä keräinten pintaa



Kuva 25: Lumen profiili katolla kun asennustelineet on korotettu katosta. Tässä paneelien asennuskiskojen alla oleva alue on peruslumikuorma ja paneelien välissä oleva kolmiomaisesti kasaantunut lumi.

4.2.2 Kattoon ja kiinnitykseen vaikuttava tuulikuorma

Tasakattoon vaikuttava tuulikuorma lasketaan samalla lailla kuin harja- ja pulpettikattoihinkin kaavasta 4 lähtien. Katsotaan vain vyöhykkeet erilailta sekä valitaan painekertoimet tasakaton taulukosta.



Kuva 26: Eri vyöhykkeet ja mitat tasakatoilla (RIL 201-1-2011 Suunnitteluperusteet 2011)

Taulukko 7: Paine kertoimet tasakatoilla eri vyöhykkeillä, tarkastelualoilla sekä eri räystästyypeillä. (RIL 201-1-2011 Suunnitteluperusteet 2011)

		Vyöhyke							
		F		G		H		I	
		C _{pe, 10}	C _{pe, 1}	C _{pe, 10}	C _{pe, 1}	C _{pe, 10}	C _{pe, 1}	C _{pe, 10}	C _{pe, 1}
terävät räystäät		-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	± 0,2	± 0,2
umpi- kaiteet	hp/h = 0,025	-1,6	-2,2	-1,1	-1,8	-0,7	-1,2	± 0,2	± 0,2
	hp/h = 0,05	-1,4	-2,0	-0,9	-1,6	-0,7	-1,2	± 0,2	± 0,2
	hp/h = 0,1	-1,2	-1,8	-0,8	-1,4	-0,7	-1,2	± 0,2	± 0,2
kaarevat räystäät	r/h = 0,05	-1,0	-1,5	-1,2	-1,8	-0,4	-0,4	± 0,2	± 0,2
	r/h = 0,1	-0,7	-1,2	-0,8	-1,4	-0,3	-0,3	± 0,2	± 0,2
	r/h = 0,2	-0,5	-0,8	-0,5	-0,8	-0,3	-0,3	± 0,2	± 0,2
taitteelliset räystäät	α = 30°	-1,0	-1,5	-1,0	-1,5	-0,3	-0,3	± 0,2	± 0,2
	α = 45°	-1,2	-1,8	-1,3	-1,9	-0,4	-0,4	± 0,2	± 0,2
	α = 60°	-1,3	-1,9	-1,3	-1,9	-0,5	-0,5	± 0,2	± 0,2

Paneeleihin ja keräimiin vaikuttaa tuulikuorma tasakatoilla kahdella suunnalla. Tuuli vaikuttaa silloin, kun se puhaltaa paneelien takaa sekä edestä puhaltaessa. Sivulta puhaltava tuuli ei vaikuta paneeleihin ja kiinnityksiin merkittävästi, koska ilma pääsee vapaasti virtaamaan rivien välissä. Paneeleihin ja keräimiin vaikuttava kuorma lasketaan RIL_201-1-2011 mukaan samalla tavalla kuin liikennemerkille.

$F_w = C_s C_d \times C_f \times q_p(h) \times A_{ref}$ Kaava 12 (RIL 201-1-2011 Suunnitteluperusteet 2011)

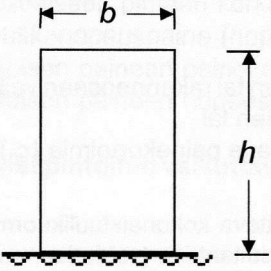
F_w = kokonaistuulivoima kN

$C_s C_d$ = rakennekerroin = 1

C_f = voimakerroin

$q_p(h)$ = taulukko 4

$A_{ref} = b \times h$ (kuva 27)

Rakenteen mittasuhteet, tuuli kohtisuoraan tasoa vasten	Tehollinen hoikkuus λ
	<p>kun $h < 15$ m, $\lambda = 2 h/b$ kun $h \geq 50$ m, $\lambda = 1,4 h/b$</p> <p>Välialueella 15 m $< h < 50$ m sovelletaan interpolointia.</p> <p>Huom: Tämä ohje ei koske hyvin hoikkia rakennuksia, joille $\lambda > 10$.</p>

Kuva 27: Tästä kuvasta selvitetään hoikkuus λ joka meidän paneeleille ja keräimille on $2h/b$, $h = Y$. Normaalille paneelille 3,4 ja keräimelle 4. (RIL 201-1-2011 Suunnitteluperusteet 2011)

Taulukko 8: sisältää voimakertoimen C_f arvoja hoikkuuden λ ja sivusuhteen mukaan. Sivusuhte on d/b joka on komponentin paksuus/komponentin korkeus kohtisuoraan (Y kaava 8). (RIL 201-1-2011 Suunnitteluperusteet 2011)

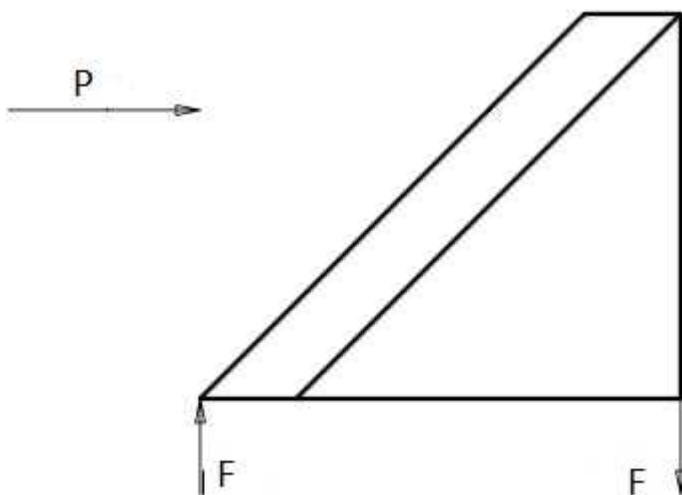
λ	Sivusuhte $d/b =$ paksuus/korkeus								
	0,1	0,2	0,5	0,7	1	2	5	10	50
≤ 1	1,2	1,2	1,37	1,44	1,28	0,99	0,6	0,54	0,54
3	1,29	1,29	1,48	1,55	1,38	1,07	0,65	0,58	0,58
10	1,4	1,4	1,6	1,68	1,49	1,15	0,7	0,63	0,63

$q_p(h)$ = maaston pinnanmuodon mukaan modifioitu nopeuspaine. Lasketaan kaavan 5 mukaisesti. Nopeuspaine korkeutena käytetään.

$$Z_e = \text{talon kokeus} + \frac{Y}{2} + \text{mahd, korotus} \quad \text{Kaava 13}$$

A_{ref} = vaikutusala (kuva 26), $A_{\text{ref}} = b \cdot Y$

Toinen ja helpompi tapa laskea paneeliin ja kiinnitykseen vaikuttava tuulikuorma tasakattoasennuksille on seuraavan lainen. Siinä otetaan rakennuksen korkeuden ja maastoluokan mukainen nopeuspaine taulukosta 4. Tämä kerrotaan paneelin kohtisuoralla pinta-alalla, jolloin saadaan paneeliin tai keräimeen vaikuttavan tuulivoiman suuruus. Tämä jakaantuu tasan paneelin kiinnityksen etureunaan tuulen suunnasta katsottuna voimana, joka pyrkii vetämään laitetta irti katosta, ja tuulen suunnasta takareunaan voimana, joka pyrkii painamaan laitetta kattoa kohti.



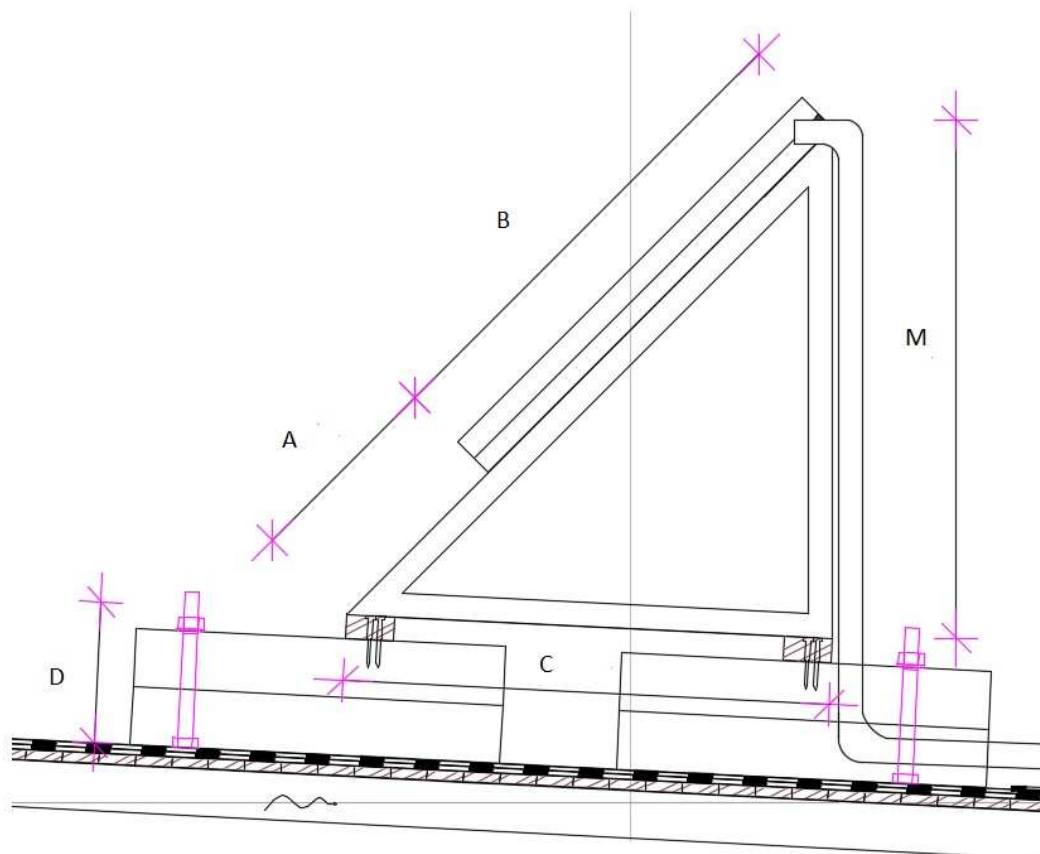
Kuva 28: Tuulikuorman jakautuminen

4.2.3 Vastapainon määrittäminen

Paneeleja tai keräimiä kohtisuoraan tuleva tuulikuorma ei saa päästä liikuttelemaan tai kaatamaan järjestelmää, joka on asennettu loivalle katolle ilman mekaanisia kiinnikkeitä. Vastapainon suuruuteen vaikuttavat asennuspaikan maastoluokan ja rakennuksen korkeuden mukaan määräytyvä voima P ja tarkemmat asennustelineen ja sen osien mitat. Esimerkkilaskelma auttaa vastapainon määrän ja laskentatavan ymmär-

tämisessä. Esimerkissä lasketaan vastapainon suuruuteen vaikuttavan voiman P suuruus 5m korkealla rakennuksella sekä rannikolla että kaupungissa.

Eri ratkaisuina käytetään paneeleja (1m x 1.7m) ja keräimiä (2m x 2,5m) asennettuna 45° kulman asennustelineisiin. Asennustelineen alla on puusta tehdyt juoksupuut vastapainona toimivien betonilaattojen päällä. Betonilaatat kiinnitetään toisiinsa kierretangolla (4kpl/vastapainolaatta nippu), joka on juotettu alimpaan laattaan hitsillä ja yläpuolelta sidottu lukkomutterein. Vastapainolaattojen alle asennetaan lisäkermi ja varmistetaan että kermin ja laatan väli on sileä. Vastapainolaatta nippujen päälle asennettava puinen juoksu kiinnitetään laatta nippujen kohdalta tulpilla tai ankkureilla.



Kuva 29: Kuvassa näkyy vastapainoilla suoritettujen asennusten periaate.

Taulukko 10: Kuvan 29 mittojen arvot paneelia ja keräintä käytettäessä

Merkki	Arvo paneelilla (m)	Arvo keräimellä (m)
A	0,2	0,2
B	1,7	2,0
C	1,35	1,56
D	0,3	0,3
M	1,35	1,56

Lähdetään siis laskemaan yhteen paneeliin tai keräimeen vaikuttavan voiman P määrä rannikolla. Selvitetään siis kuvan 28 voima P. Ensimmäinen tarvittava muuttuja on taulukosta 4 maastoluokan ja rakennuksen korkeuden mukainen nopeuspaine (rannikolla $0,96 \text{ kN/m}^2$). Toinen muuttuja on paneelin/keräimen leveys. Kolmas muuttuja on korkeus kerrottuna painopisteellä ($0,6 \times M + D$), korkeuksia M ja D ei oteta täysimääräisenä, koska painopiste on 0,6 kohdalla (0,6 on vakio). Muut muuttujat ovat suuruudeltaan vakioita voimakertoimin 2,1 ja varmuuskertoimin 1,6.

$$P = \text{nopeuspaine} \times \text{leveys} \times (0,6 * (M + D)) \times \text{voimak.} (2,1) \times \text{varmuusk.} (1,6)$$

Kaava 14

$$P_{\text{paneeli}} = 0,96 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \times 1\text{m} \times (0,6 \times (1,35\text{m} + 0,5\text{m})) \times 2,1 \times 1,6 = 3,6 \text{ kN/paneeli}$$

$$P_{\text{keräin}} = 0,96 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \times 2,5\text{m} \times (0,6 \times (2\text{m} + 0,5)) \times 2,1 \times 1,6 = 12 \text{ kN/keräin}$$

Paneeleille tai keräimille tarkan vastapainon määrää mitoittaessa tarvitsee jokainen asennus tutkia tapauskohtaisesti rakennesuunnittelijan toimesta. Vastapainon määrittämisessä tärkeä voima P saatiin kuitenkin ratkaistua tälle tietylle ennakkoon määritellylle tapaukselle. Vastapainon suuruuteen vaikuttavat vielä lisäksi vastapainojen ja juoksupuiden etäisyydet ja siksi määrittäminen ilman tarkkoja mittoja on mahdotonta.

Kaupunkikohteena käytetään samanlaista asennuspaikkaa kuin rannikolle laskettaesakin. Myös käytettävät paneelit ja keräimet ovat samanlaisia. Laskuissa muuttuu silloin vain taulukon 4 nopeuspaineen arvo, sen lukemaksi saadaan 0,35 kN/m².

Kaava 14

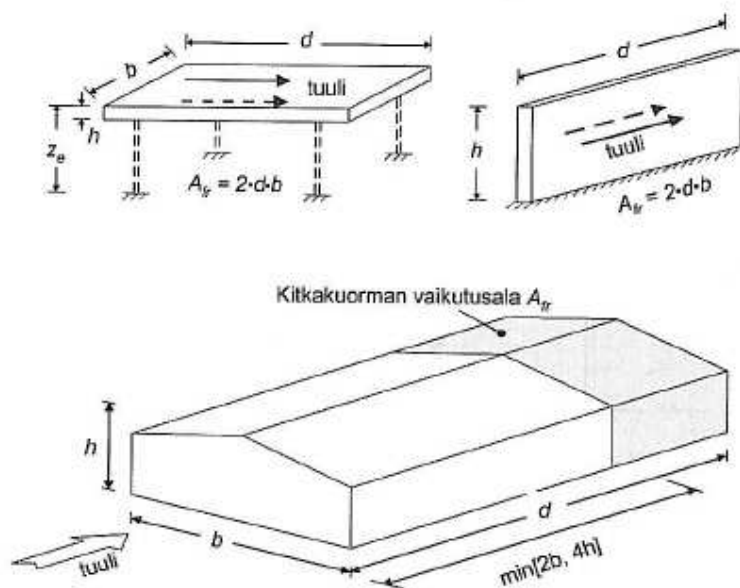
$$P_{\text{paneeli}} = 0,35 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \times 1\text{m} \times (0,6 \times (1,35\text{m} + 0,5\text{m})) \times 2,1 \times 1,6 = 1,3 \text{ kN/paneeli}$$

$$P_{\text{keräin}} = 0,35 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \times 2,5\text{m} \times (0,6 \times (2\text{m} + 0,5\text{m})) \times 2,1 \times 1,6 = 4,4 \text{ kN/keräin}$$

Paneeleille tai keräimille tarkan vastapainon määrää mitoittaessa tarvitsee jokainen asennus tutkia tapauskohtaisesti rakennesuunnittelijan toimesta. Vastapainon määrittämisessä tärkeä voima P saatiin kuitenkin ratkaistua tälle tietylle ennakkoon määritellylle tapaukselle. Vastapainon suuruuteen vaikuttavat vielä lisäksi vastapainojen ja juoksupuiden etäisyydet ja siksi määrittäminen ilman tarkkoja mittoja on mahdotonta.

4.2.4 Kitkakuorma katolla

Kitkakuormaa voi syntyä tasakatoilla vaikuttaen katonrakenteisiin. Paneeleihin ja sen kiinnityksiin vaikuttavaa kitkakuormaa voi syntyä samalla periaatteella, mutta vain jos paneelit ovat asennettu katonsuuntaisesti. Jotta kitkakuormaa syntyisi on talon tai paneeli/keräinkentän pidemmän sivun oltava yli kaksi kertaa pidempi kuin lyhyemmän sivun. Katon rakenteisiin syntyy kitkakuormaa myös silloin kun pidempi sivu on yli neljä kertaa pidempi kuin talon korkeus maasta harjalle. (RIL 201-1-2011 Suunnitteluperusteet 2011)



Kuva 30: Kitkavoima ja sen vaikutusala (RIL 201-1-2011 Suunnitteluperusteet 2011)

Kitkakuorman laskenta tapahtuu seuraavasti.

$$F_{fr} = C_{fr} * q_p(z_e) * A_{fr} \quad \text{kaava 16 (RIL 201-1-2011 Suunnittelu-}$$

rusteet 2011)

F_{fr} = kitkakuorma

C_{fr} = kitkakerroin

Taulukko 11: kitkakertoimia erilaisille pinnoille (RIL 201-1-2011 Suunnitteluperusteet 2011)

Pinta	Kitkakerroin C_{fr}
Sileä (teräs, sileä betoni)	0,01
Karhea (karhea betoni, kattohuopa)	0,02
Hyvin karhea (aalto-, ripa- tai poimuprofilointi)	0,04

$q_p(z_e)$ = kattoon vaikuttava tuulikuorma

A_{fr} = kitkakuorman vaikutusalue kuva 28

4.2.5 Yksinkertaistettu laskenta ja esimerkit

Yksinkertaistetussa laskennassa tuulikuorman osalta otetaan huomioon vain rakennuksen korkeus ja sijainnin maastoluokka. Näillä tiedoilla saadaan kuormitus (kN/m^2) alla olevasta taulukosta. Tuulikuorma vaikuttaa taloon vaakatasossa.

Taulukko 12: Yksinkertaistetun tuulikuorman suuruus (kN/m^2) (RIL 201-1-2011 suunnitteluperusteet 2011)

Katon korkeus	rannikko	maaseutu	kaupunki	ydinkeskusta
1m	0,66	0,39	0,35	0,32
2m	0,78	0,39	0,35	0,32
5m	0,96	0,53	0,35	0,32
8m	1,05	0,61	0,43	0,32
10m	1,09	0,65	0,47	0,32

Yksinkertaistetun lumikuorman suuruutta arvioidessa otetaan huomioon vain paikkakunta, jolla asennettava kohde sijaitsee. Jos kaupunki ei löydy niin listalta valitaan lähin kaupunki. Yksinkertaistettu laskenta ei ota huomioon ollenkaan kattoa pitkin liukuvaa lunta. Lumikuorma vaikuttaa taloon pystysuuntaisesti.

Taulukko 13: Yksinkertaistetun lumikuorman suuruus (kN/m^2) (RIL 201-1-2011 suunnitteluperusteet 2011)

Pori	1,6	Riihimäki	2,2	Rauma	1,6
Kankaanpää	2,0	Sastamala	2,0	Jyväskylä	2,0
Uusikaupunki	2,0	Hämeenlinna	2,0	Kajaani	2,4
Turku	2,0	Helsinki	2,0	Kuusamo	2,4
Forssa	2,0	Tampere	2,0	Oulu	2,2
Vaasa	1,6	Lahti	2,0	Rovaniemi	2,4
Seinäjoki	2,0	Lappeenranta	2,2	Sodankylä	2,2
Hämeenlinna	2,0	Joensuu	2,2	Ivalo	2,4

4.3 Johtopäätökset

Johtopäätöksiksi tuuli- ja lumikuormista jyrkillä katoilla voidaan todeta, että paneeleihin tai keräimiin kohdistuva kuorma ei ole suurempi kuin pelkälle katollekaan tuleva kuorma. Katon kuorma lisääntyy vain aurinkoenergia järjestelmän oman painon verran. Lumikuorma saattaa olla jopa pienempi paneelien ja keräimien päällä kuin pelkällä katolla. Tämä siksi koska järjestelmä lämmitessään sulattaa päällään olevaa lumipatjaa jolloin lumipatjan pohjaan syntyy vettä ja varsinkin jyrkillä katoilla kitka saattaa pienentyä niin että lumi valuu pois paneelin/ keräimen päältä. Huomioitava on myös että järjestelmä ja sen asennus kestää järjestelmän ja harjan välissä olevan lumen, joka saattaa liukuessaan kuormittaa asennusta. Tuulikuorma järjestelmään on sama kuin pelkälle katollekin eikä se vaikuta suuresti järjestelmään. Suurimmat kuormiin vaikuttavat tekijät jyrkillä katoilla on asennuspaikkakunta, jonka mukaan määräytyy ominaislumikuorma ja kuinka lähelle harjaa asennus on sijoitettu, joka taas määrittää liukuvan lumen määrän.

Tasakatoilla voidaan todeta että kulmaan asentaminen lisää lumi ja tuulikuormaa merkittävästi. Tasakatoilla kulmaan asennettuna lumi kinostuu paneelirivien taakse ja näihin kohtiin katolle syntyy myös suurin kuormitus katon rakenteille. Tasakattoasennuksissa paneeleihin ja keräimiin vaikuttava lumikuorma on paljon pienempi kuin katon suuntaisilla asennuksilla ja vaikuttaa vain järjestelmän alaosassa.

Paneeleita ja keräimiä sekä myös asennuksia kuormittaa tasakatoilla merkittävästi tuulikuorma. Isoilla tasakatoilla on tarkastettava myös kitkakuorman syntyminen ja sen vaikutukset. Tasakatoilla kuorman suuruuteen vaikuttaa eniten asennuskulman suuruus, joka lisää tuulen vaikutus alaa ja kinostumiskorkeutta, kinostumiskorkeutta lisää myös asennuksen korotus katosta. Tulokset ovat suuntaa antavia ja siksi jokainen kohde tarvitsee tarkastella erikseen rakennesuunnittelijan toimesta asennuksen varmistamiseksi.

5 ASENNUKSET

Tässä kappaleessa käydään läpi erilaisia kiinnitysvaihtoehtoja erilaisille katemateriaaleille ja erilaisille kattorakenteille ja erilaisille seinärakenteille. Eri kiinnitysvaihtoehtoissa tarkastellaan kiinnityksen kestävyyttä ja katemateriaalin läpäisevissä vaihtoehtoissa lisäksi vedenpitävyyttä.

5.1 Kattoasennukset

Yhtä paneeli/keräin riviä varten tulee yleensä kaksi asennuskiskoa rivin yläosaan ja rivin alaosaan. Kiinnikkeet tulee laittaa jokaisen kattotuolin kohdalle, jotta asennuksesta tulee tarpeeksi kestävä. Jos käytetään kattotuoleihin tulevaa kiinnitystä on kiinnikkeiden jako sama kuin kattotuolienkin jako. Yleensä kiinnikkeitä tulee siis vähintään 2 kappaletta kattotuolijakoa kohden. Kiinnikkeiden määrä tarvitsee rakenesuunnittelijan selvittää tapauskohtaisesti. (solarworld 2015, ibc-solar 2015, aurinkovirta 2015, finnwind 2015, nibeonline 2015)

5.1.1 Tiilikatolle asentaminen

Tiilikatolle asennettaessa käytetään S-koukkuja. Tiilikattoasennuksissa ei tehdä reikiä tiiliin vaan kiinnike tuodaan kattotuolista tiilirivien välistä katemateriaalin yläpuolelle. Kiinnikkeitä on hieman erilaisia, mutta toimintaperiaate on kaikissa sama. Kiinnike täytyy laittaa kattotuoleihin kiinni vähintään kahdella tasakantaisella 100mm pitkällä puuruuvilla. Mikäli kiinnikkeitä ei saada laitettua kattotuoleihin kiinni, on asennettava kattotiilien ruoteen yläpuolelle 50x100 apuruode, joka kiinnitetään kattotuoleihin kahdella 6x120 ruuvilla. Tämän jälkeen aurinkojärjestelmän kiinnike kiinnitetään apuruoteeseen viidellä ruuvilla, sama periaate jos tiilikatteen alla on aluslaudoitus. Täytyy varmistaa että kiinnike on kauttaaltaan vähintään 5mm irti kattotiilestä. Kiinnikkeen yläpuolelle tulevaa kattotiiltä täytyy hiomalla ohentaa pohjastaan jotta kiinnike mahtuu tulemaan katon pinnalle kattotiilten välistä siten että kattotiilet pysyvät yhtä tiiviinä kuin ilman kiinnikettäkin. Asennusta ja sen osia käydään tarkemmin läpi liitteessä 1. Katemateriaali voi olla myös hieman tiiltä muistuttava harvinaisempi varttikate, jossa tarvitsee erikseen tutkia kiinnitysvaihtoehdot se-

kä kartoittaa mahdollinen asbesti. (solarworld 2015, ibc-solar 2015, aurinkovirta 2015, finnwind 2015, nibeonline 2015)

5.1.2 Profiilipeltikatolle asentaminen

Profiilipeltikatolle on monenlaisia hieman erilaisia kiinnitysvaihtoehtoja. Kaikki kiinnitystavat on sellaisia, että joudutaan tekemään reikiä vesikatteeseen. Tämä tarkoittaa yhtä huomattavaa ongelmakohtaa lisää, koska on huolehdittava että kiinnityksen vaatimasta reiästä tulee vesitiivis. Itse profiilipeltikate jo on kiinnitetty ruuveilla kattotuoleihin tai ruoteisiin joten ei katteen läpäisy ihan vieras juttu ole. Suurin hankaluus työssä varmasti tulee kun tarvitsee selvittää kattotuolien sijainti. Niben Ulenkki kiinnityksessä kiinnikettä ei ruuvata kattotuoleihin vaan kiinnitys tapahtuu katemateriaaliin kiinnityslevyn avulla. Kiinnikemäärä tarkastellaan tapauskohtaisesti rakennesuunnittelijan toimesta. Eri kiinnikkeet ja asennuksen yksityiskohdat liitteessä 2. (solarworld 2015, ibc-solar 2015, aurinkovirta 2015, finnwind 2015, nibeonline 2015)

5.1.3 Konesaumatululle peltikatolle asentaminen

Konesaumatululle peltikatolle käytetään vain yhdenlaisia kiinnikkeitä. Konesaumatulla peltikatolla kiinnike on kuin puristin, joka kiristetään peltikatteiden saumaan. Kattoon ei tarvitse tehdä reikiä kiinnikkeille ja näin ollen ei myös vesitiiveys vaarannu. Kiinnikkeen ulokkeet tarvitsee saada sauman alle, jolloin se lukittuu pystysuunnassa. Kiinnikkeitä on vasen- ja oikeakätisiä jotka tarvitsee asentaa vuoronperään parhaimman mahdollisen kiinnityksen varmistamiseksi. Ratkaisussa asennusta ei kiinnitetä kantavaan rakenteeseen, joten on varmistettava että kiinnikkeet tulevat tarpeeksi kiireälle. Mikäli kiinnikkeet jäävät liian löysälle tai pääsevät löystymään ei katon suuntaista liukumista estä mikään. Minimi kiristysmomentti on 20 Nm. Puristimen päälle tulee yleiskiinnityslevy, johon asennuskiskot asennetaan. Kiinnikkeiden määrä pitää rakennesuunnittelijan tarkastaa kuormituksen mukaan samaan tapaan kuin edellisissäkin asennustavoissa. Kiinnikkeet laitetaan jokaiseen pystysaumaan. eli 500mm – 600mm välein. Itse konesumakatteen kiinnityksen riittävyys tulee tarkastaa erityisesti

katon keskialueilla. Lisää asennuksesta ja detaljeista liitteessä 3. (solarworld 2015, ibc-solar 2015, aurinkovirta 2015, finnwind 2015, nibeonline 2015)

5.1.4 Bitumikatolle asentaminen

Huopakatolla kiinnittäminen onnistuu kahdenlaisilla kiinnikkeillä niin jyrkillä kuin loivillakin katoilla kun kermin alla on aluslaudoitus tai vaneri. Huopakatolla on erityisen tärkeää että vesitiiveys säilyy. Vesitiiveyden varmistamiseksi onkin käytettävä erityisiä tiivistysmenetelmiä jotka esitellään liitteessä kiinnitysmenetelmien kanssa. Ensimmäinen kiinnitysvaihtoehto on samanlainen ankkuripultti M12*300mm kuin muillakin katemateriaaleilla. Ankkuripultin on oltava kattotuolin kohdalla ja kiinni siinä vähintään 100mm verran. Ankkuripultin kanssa vesitiiveyden varmistamiseksi käytetään korokepala ankkuripultin tiivisteeseen ja katteen välissä. Korokepala liimataan tai hitsataan katemateriaaliin, jonka jälkeen ankkuripultti kiristää sen lopullisesti paikoilleen.

Toinen tapa on asentaa kattoon asennuslevy jossa on koroke. Asennuslevyn pystyy laittaa mille kohtaa vain kattoa, koska se kiinnitetään usealla noin 9-10 kappaleella lyhyempiä 4,5*30mm ruuveja. Asennuslevyn päälle asennetaan bitumikermi kerros, johon tehdään reikä vain korotetulle kiinnikkeelle. Kermin palan tulee olla kooltaan vähintään 1,0m*1,5m. Asennuslevy kiinnitetään siis katteen läpi aluslaudoitukseen ja saumataan sitten huomattavasti suuremmalla kermipalalla kahden kermin väliin.

Loivilla katoilla mekaanisen kiinnityksen sijaan voidaan käyttää asennustelineen kiinnittämiseen painoja, jotka korvaavat mekaanisen kiinnitysvoiman. Painojen tarvitsee olla niin suuret, ettei tuuli pysty liikuttamaan järjestelmää katolla. Kiinnitystavat liitteessä 4. Muita rakenteita aluslaudoituksen ja vanerin sijasta loivilla bitumikatolla voi olla uretaani, mineraalivilla, kevytsora tai siporex (myös jyrkillä katoilla). Nämä kattorakenteet ovat harvinaisempia ja niiden kanssa käytettävät kiinnikkeet ja kiinnitystavat on tarkasteltava erikseen. (ibc-solar 2015, aurinkovirta 2015, nibeonline 2015)

5.2 Seinäasennukset

Seinäasennuksissa käytetään kolmion mallisia telineitä, jotta niiden kulma voidaan säätää siten että paneelit tai keräimet saadaan suunnattua kohti aurinkoa. Ilman kolmion mallisia telineitä seinäasennuksissa asennus tapahtuisi katon kaltaisesti seinän suuntaisille asennuskiskoille. Tällöin paneelit tai keräimet tulisivat seinän suuntaisesti ja hyötysuhde pienentyisi verrattuna aurinkoa kohti suunnatussa asennuksessa.

5.2.1 Asennukset eri seinämateriaaleille

Seinätelineet voidaan puuverhoillussa talossa asentaa seinään kiinni samalla asennuslevy tavalla kuin bitumikatoillakin, joissa on bitumin alla aluslaudoitus tai vaneri. Mikäli asennustelineen alla ei haluta käyttää erillisiä kiinnikkeitä voidaan asennustelineet itsessään kiinnittää seinään ruuveilla. Puuverhoiltuun seinään asennettaessa täytyy varmistaa että itse verhous on riittävästi kiinni koolauksissa. Verhouksen kiinnitystä voi vahvistaa lisä nauloilla tai ruuveilla. Tiili ja siporex seinissä asennustelineille voidaan käyttää samoja kiinnitystapoja kuin puuverhouksellakin. Kun valitaan kiinnikkeitä tiilelle ja siporexille täytyy käyttää materiaalille sopivia tulppia ruuvien päissä, koska kiertteet eivät pidä tiilessä ja siporexissa kuten puussa. Seinäasennuksiin on monenlaisia eri vaihtoehtoja kiinnityksen aikaansaamiseksi, koska vesitiiveyttä ei tarvitse huomioida kuten katoilla. Lisää kiinnikkeistä liitteessä 5. Muita mahdollisia seinärakenteita on massiivitiili, sandwich elementti tai erilaiset rappaukset. Näitä muita seinä mahdollisuuksia ja niiden kiinnitystapoja ei käydä läpi sen enempää tässä työssä vaan niille rakenteille tapahtuva asennus on tutkittava erikseen.

6 YHTEENVETO

Aurinkoenergiaa on mahdollista käyttää Suomessa tehokkaasti hyödyksi kevään ja syksyn välisenä aikana. Tuuli ja lumikuormista saatiin tärkeää yleistietoa ja viitteitä miten se vaikuttaa aurinkoenergian laitteisiin ja asennuksiin. Asennuksen kestettävät tuuli- ja lumikuormat on vaikea koota taulukoiksi, koska muuttujia on niin paljon. Asennukselle kohdistuvaan tuuli- ja lumikuormaan vaikuttaa muun muassa maastonmuodot, paikkakunta ja paneelien tai keräimien asennuskulma. Oman hankaluutensa tuo katon rakenne jolle järjestelmä asennetaan, koska sen komponenttien kestävyys on aina tarkastettava rakennesuunnittelijan toimesta tapauskohtaisesti. Työssä kuitenkin saatiin hyvin selville eri tarkasteltavat kohdat ja niille vaihtoehtoisia ratkaisuja. Asennustavoissa tyydyttiin käyttämään valmiita menetelmiä ja tyydyttiin tarkastelemaan niiden yksityiskohtia. Läpivienneissä luotettiin valmiiksi kehitettyihin ratkaisuihin. Asennuksissa ja läpivienneissä päällimmäinen huolenaihe on katteen vesitiiveyden säilyminen ja sen vaatimia yksityiskohtia pyrittiin huomioimaan.

Työ oli mielenkiintoinen tutkimus rakennustekniikan opiskelijalle, jonka tietämys aurinkoenergiasta ja sen komponenteista sekä vaatimuksista oli ennen työn aloittamista lähes olematon. Työn teossa motivoi erityisesti että aurinkoenergian asennuksista on varsin vähän tietoa kerättynä suomeksi ja tällaiselle tiedolle olisi tarvetta. Työn tekoa aloittaessani en ollut varautunut että työstä paisuu näin laaja ja aikaa kuluu paljon luultua enemmän. Lopulta kun työn saa loppusuoralle on tyytyväinen että projektiin ryhtyi ja oppi laajasti kyseisen alan. Lopputuloksena syntyi laaja ja yksityiskohtainen selvitys aurinkopaneelien tai aurinkokeräimien asennukseen. Työhön tein vielä lisäksi kuvia erilaisista asennustavoista, koska mielestäni asennuksen ymmärtäminen vaatii tekstin vierelle kuvia hahmottamaan kokonaisuutta. Toivon että työstä tulee olemaan hyötyä alalle, koska aurinkoenergiassa on potentiaalia tulevaisuuden energiatuotannossa.

LÄHTEET

Erat, B., Erkkilä, V., Nyman, C. & ym. 2008. Aurinko-opas. Aurinkoteknillinen Yhdistys ry.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2011. RIL 201-1-2011 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Kattoliitto ry. 2013. Toimivat katot. Kattoliitto ry

motiva www-sivut. 2015. Viitattu 17.3.2015. www.motiva.fi

aurinkoenergiaa www-sivut. 2015. Viitattu 17.3.2015. www.aurinkoenergiaa.fi

aurinkosahko www-sivut. 2015. Viitattu 17.3.2015.
www.aurinkosahko.mycashflow.fi

pics about space www-sivut. 2015. Viitattu 21.1.2015.
www.aurinkosahko.mycashflow.fi

sundial www-sivut. 2015. Viitattu 18.3.2015. www.sundial.fi

jtv-energia www-sivut. 2015. Viitattu 18.3.2015. www.jtv-energia.fi

sirrai www-sivut. 2015. Viitattu 18.3.2015. www.sirrai.com

kylpyhuonemarket www-sivut. 2015. Viitattu 18.3.2015. www.kylpyhuonemarket.fi

misolie www-sivut. 2015. Viitattu 13.2.2016. www.misolie.com

paroc www-sivut.2015. Viitattu 10.4.2015. www.paroc.fi

pisasaneeraus www-sivut. 2015. Viitattu 10.4.2015. www.pisasaneeraus.fi

rakentaja www-sivut. 2015. Viitattu 10.4.2015. www.rakentaja.fi

varmavesikatto www-sivut. 2015. Viitattu 10.4.2015. www.varmavesikatto.fi

ulkoremontit www-sivut. 2015. Viitattu 10.4.2015. www.ulkoremontit.fi

omataloyhtiö www-sivut. 2015. Viitattu 10.4.2015. www.omataloyhtio.fi

ormax www-sivut. 2015. Viitattu 10.4.2015. www.ormax.fi

Suomi rakentaa www-sivut. 2015. 10.4.2015. www.suomirakentaa.fi

isover www-sivut. 2015. Viitattu 10.4.2015. www.isover.fi

rakennusperintö www-sivut. 2015. Viitattu 10.4.2015. www.rakennusperinto.fi

suntekno www-sivut. 2015. Viitattu www.suntekno.fi

nova future www-sivut. 2015. Viitattu 14.5.2015. www.novafuture.fi

solar world www-sivut. 2016. Viitattu 27.1.2016. www.solarworld.de

ibc-solar www-sivut. 2015. Viitattu 14.5.2015 www.ibc-solar.nl

aurinkovirta www-sivut. 2015. Viitattu 14.5.2015 www.aurinkovirta.fi

finnwind www-sivut. 2015. Viitattu 14.5.2015. www.finnwind.fi

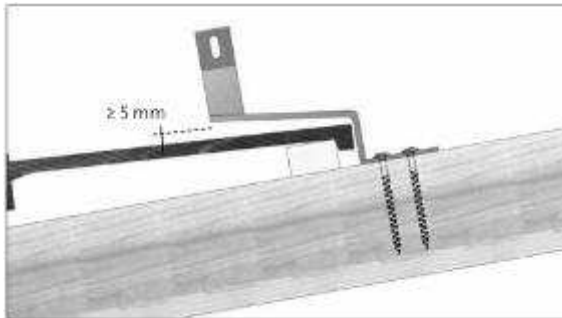
nibe www-sivut. 2015. Viitattu 14.5.2015. www.nibeonline.com

AURINKOPANEELIEN JA KERÄIMIEN ASENTAMINEN JYRKÄLLE TIILIKATOLLE

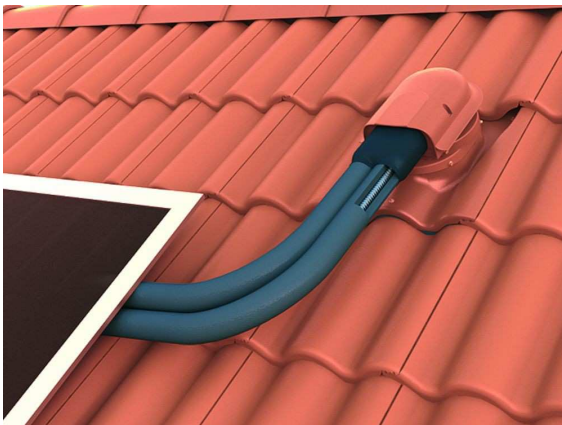
Tiilikaton kantavana rakenteena pientaloissa ovat yleensä puiset kattotuolit. Ne voivat olla jaoltaan joko 600mm, 900mm tai 1200mm välein. Kattotuolien päälle asennetaan aluskate ja sen päälle taas tuuletusrimat. Tuuletusrimojen päälle taas tulevat kattotiilien ruoteet tiilien mukaisesti. Asennuskiskojen etäisyys paneeleja käytettäessä harjalta mitattuna on ylempälle kiskolle noin 700mm ja alemmalle kiskolle noin 1700mm. Keräintä käytettäessä asennuskiskojen paikat olisivat noin 700mm ja 2450mm harjalta mitattuna. Paneelit tai keräimet eivät saa olla 600mm lähempänä päätyräystäitä. Mitta ei ole tarkka joten kiskojen kiinnikkeet asennetaan tuota mitta lähimpänä olevien tiilirivien saumaan. Kyseisen välin kohdalle asennetaan apuruode tai korokepala, jolla koukku säädetään tulemaan mahdollisimman hyvin kattotiilien välistä. Koukku kiinnitetään kahdella pitkällä (noin 100mm pitkällä ruuvilla) kattotuolien kohdalta. Kiinnikkeen tarvitsee olla vähintään 5mm irti kummastakin kattotiilestä ja siksi ylempänä olevaa kattotiiltä joudutaankin ohentamaan kiinnikkeen kohdalta. Tämä siksi, jotta katto jää yhtä tiiviiksi kuin ennen asennustakin eikä koukku painuessaan pääse rikkomaan kattotiiliä. Asennuskiskon kattokoukussa on aluslevy, jolla pystytään säätämään vaakatasossa koukku niin että se tulee kattotiilien raosta kohdalta, jossa on alemman kattotiilen profiilin pohja. Kiinnikekoukkuun asennetaan asennuslevyt ja asennuskiskot M10 pultteja, muttereita ja aluslevyjä käyttäen. Asennuskiskojen asentamisen jälkeen voidaan niiden päälle kiinnittää itse paneelit tai keräimet. Kiinnikkeiden määrä tarvitsee rakennesuunnittelijan selvittää tapauskohtaisesti. Läpivienti toteutetaan käyttämällä valmiita ratkaisuja aurinkoenergiasovelluksille, esimerkiksi Vilpe läpiviennit. Läpivientien teko ja asennus tapahtuvat valmistajakohtaisia ohjeita noudattamalla. (nibe 2015)(finnwind 2015)



Kuva 30: IBC Solarin uusi ja vanha kiinnike, uusi korvasi vanhan vuonna 2014. Vasemmalla oleva uusi kiinnike ei taivu yhtä herkästi kattotiiltä vasten. Alhaalla oleva reikälevy on kattoon kiinnitystä varten ja ylhäällä olevaan soikeaan reikään kiinnitetään asennuskiskot. (aurinkovirta 2015)

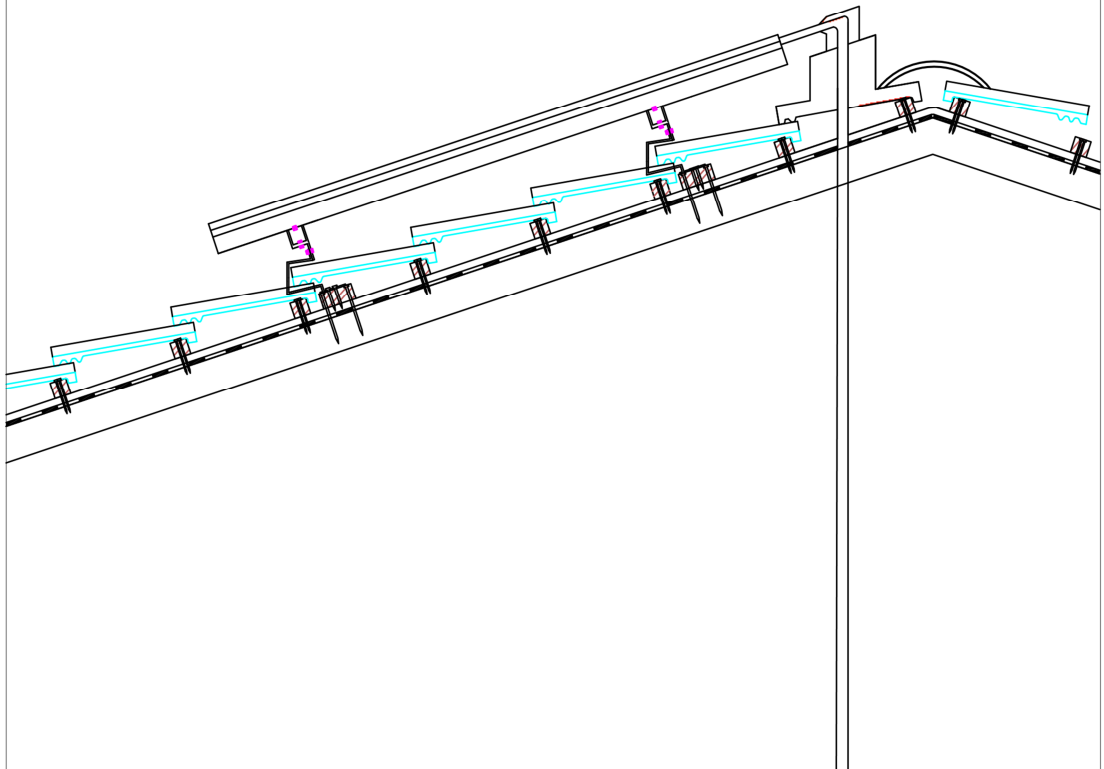



Kuva 31: Rako jonka tarvitsee olla minimissään 5mm, jotta kuorma ei paina kiinnikettä alempaa kattotiiliriviä vasten ja riko sitä. Kiinnike on kiinnitetty kattotuoliin kahdella 100mm pitkällä tasakantaisella puuruuvilla. (solar world 2015)



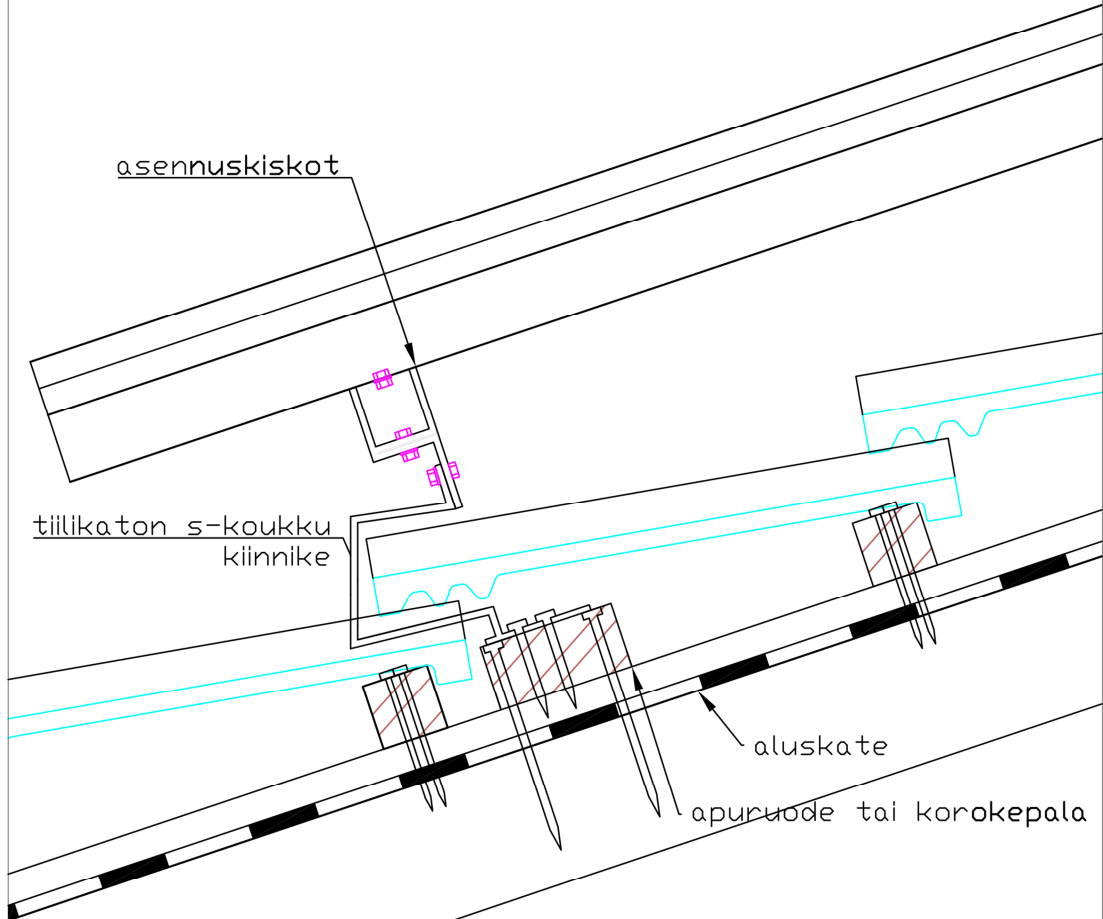
Kuva 32: Vilpe läpivienti tiilikatolle. Läpivientikappale korvaa yhden kattotiilen. (Vilpe 2015)


-rakennesuunnittelijan tarkastettava käytetyn rakenteen kestävyys



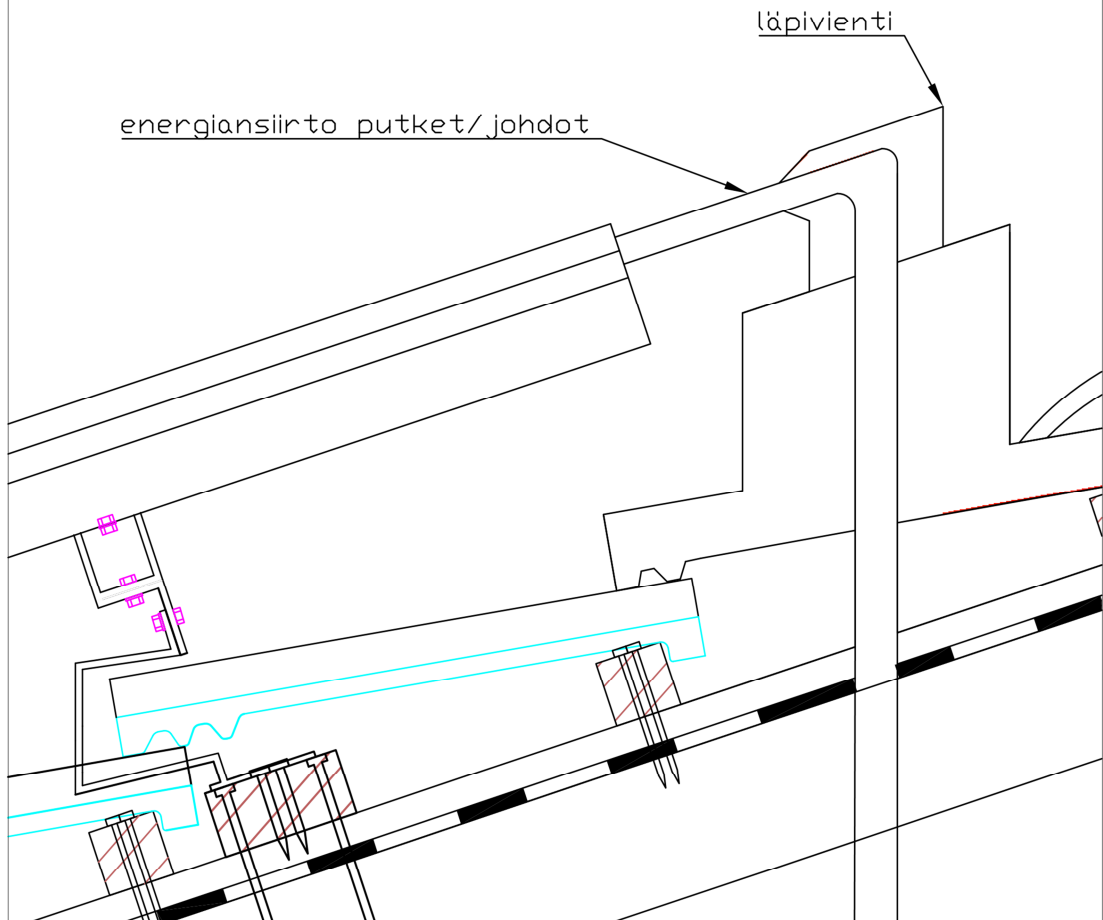
K.OSA	KORTTELI/TILA	TONTTI/RN ^o	RAKENNUSLUVAN TUNNUS		
RAKENNUSOIMENPIDE			PIIRUSTUSLAJI	JUOKS.No	
Aurinkojärjestelmän asentaminen			Detaljipiirustus	1	
RAKENNUSKOHTIEN NIMI JA OSOITE			PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ	MITTAKAAVAT	
Mallitalo			DETALJIPiIRUSTUS	1:50	
aurinkoenergiajärjestelmän asentaminen tiilikatolle			.	.	
			.	.	
		SUUN.ALA	TYÖ No	PIIR.No	MUUTOS
		RAK		1/3	
		PÄIVÄYS	YHT.HENK.		
		11.1.2016	Teemu Sorsa		


-rakennesuunnittelijan tarkastettava käytetyn rakenteen kestävyys

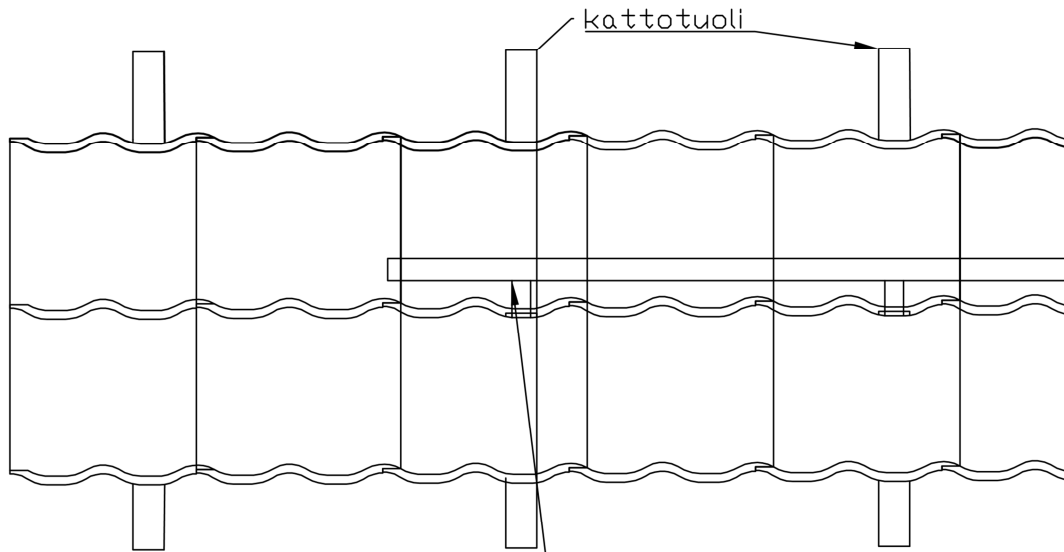


K.OSA	KORTTELI/TILA	TONTTI/RNo	RAKENNUSLUVAN TUNNUS	
RAKENNUSOIMENPIDE Aurinkojärjestelmän asentaminen			PIIRUSTUSLAJI Detailipiirustus	JUOKS.No 2
RAKENNUSKOHTeen NIMI JA OSOITE Mallitalo aurinkoenergiajärjestelmän asentaminen tiilikatolle			PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ DETALJIPiIRUSTUS . .	MITTAKAAVAT 1:50 . .
			SUUN.ALA RAK	TYÖ No PIIR.No 2/3
			PÄIVÄYS 11.1.2016	YHT.HENK. Teemu Sorsa

-rakennesuunnittelijan tarkastettava käytetyn rakenteen kestävyys



K.O.SA	KORTTELI/TILA	TONTTI/RNo	RAKENNUSLUVAN TUNNUS	
RAKENNUSTOIMENPIDE Aurinkojärjestelmän asentaminen			PIIRUSTUSLAJI Detailpiirustus	JUOKS.No 3
RAKENNUSKOHTeen NIMI JA OSOITE Mallitalo aurinkoenergiajärjestelmän asentaminen tiilikatolle			PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ DETALJIPiIRUSTUS . .	MITTAKAAVAT 1:50 . .
			SUUN.ALA RAK	TYÖ No PIIR.No 3/3
			PÄIVÄYS 11.1.2016	YHT.HENK. Teemu Sorsa



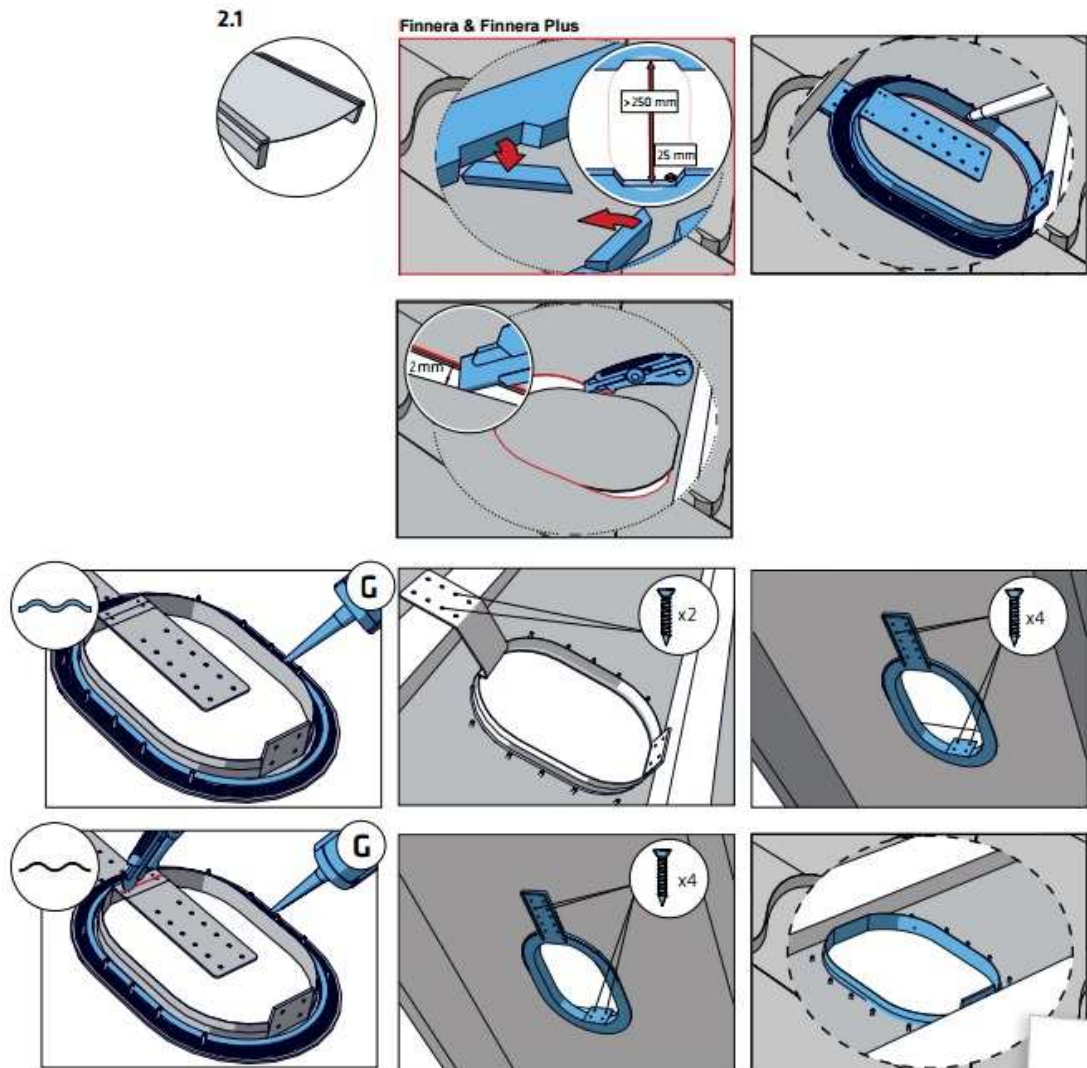
Asennuskiskot jotka on kiinnitetty kattokoukkuihin.

Asennuskiskojen päälle asennetaan joko aurinkopaneelit tai keräimet

- rakennesuunnittelijan tarkastettava käytetyn rakenteen kestävyys

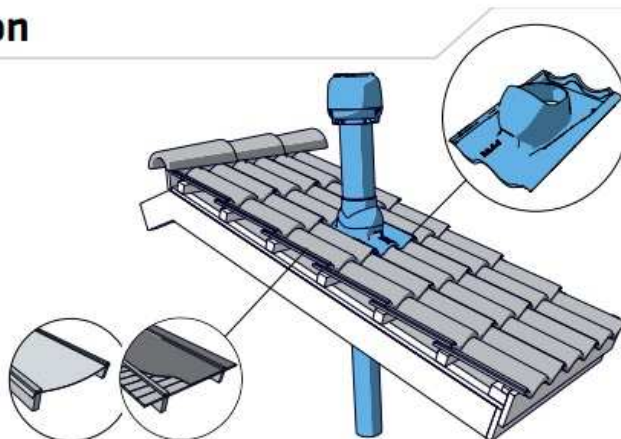
K.OSA	KORTTELI/TILA	TONTTI/RNo	RAKENNUSLUVAN TUNNUS			
RAKENNUSOIMENPIDE			PIIRUSTUSLAJI	JUOKS.No		
Aurinkojärjestelmän asentaminen			Detaljipiirustus	1		
RAKENNUSKOHTIEN NIMI JA OSOITE			PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ	MITTAKAAVAT		
Mallitalo			DETALJIPUIRUSTUS	1:50		
aurinkoenergiajärjestelmän asentaminen tiilikatolle sivulta kuvattuna			.	.		
			.	.		
			SUUN.ALA	TYÖ No	PIIR.No	MUUTOS
			RAK		1/1	
			PÄIVÄYS	YHT.HENK.		
			11.1.2016	Teemu Sorsa		

VILPE OY:N AURINKOENERGIA SOVELLUKSILLE SUUNNITELLUN
TIILIKATE LÄPIVIENNIN ASENNUSOHJE.



Kuva 33: Tiilikate läpiviennin aluskatteen läpäisyn ohjeet (Vilpe 2016)

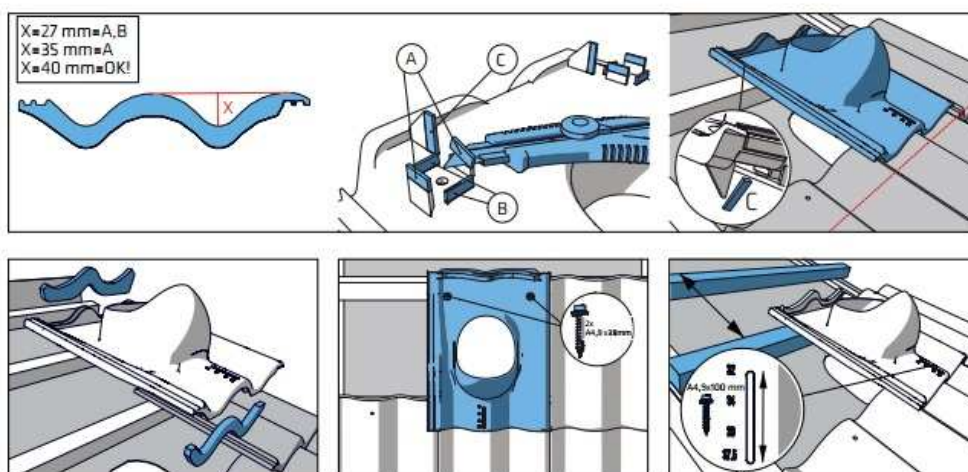
Installation



FI Katso aluskatteen tiivisteen asennus sivulla 13 **SV** Se installationsanvisningarna för tätning för undertak på sidan 13 **DE** Siehe Anweisungen zur Montage der Abdichtung für Unterspannbahnen auf Seite 13 **NL** Raadpleeg de installatie-instructies voor de afdichting voor de onderlaag op pagina 13 **FR** Reportez-vous aux instructions d'installation de l'étanchéité du rehaussement à la page 13 **ET** Vaadake aluskihi tihendi paigaldussuunisteid lk 13 **LT** Žr. sandarinimo pakloto montavimo instrukcijas 13 psl. **LV** Skatiet paklājuma blīvējuma uzstādīšanas norādījumus lappusē 13 **PL** Sprawdź instrukcję montażu uszczelki na stronie 13 **HU** Lásd az alátét-tömítés beépítési útmutatását a(z) 13 oldalon. **CZ** Viz instrukce pro montáž těsnění podložky na str. 13 **RU** См. монтаж уплотнителя гидрозащитора на стр. 13

1. See the installation instructions for sealing for underlay on page 13

2.



Kuva 34: Tiilikate läpiviennin katteen läpäisevän osuuden asennusohje (Vilpe 2016)

Lisää tietoa asennuksista löytyy Vilpe Oy:n www-sivuilta

<http://www.vilpe.com/fi/>

Asennusvideo löytyy VILPE – SK Tuote Oy youtube kanavalta

<https://www.youtube.com/user/sktuote>




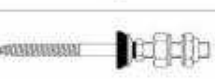
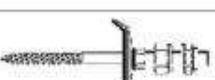
AURINKOPANEELIEN JA KERÄIMIEN ASENTAMINEN JYRKÄLLE PROFIILIPELTIKATOLLE

Profiilipeltikaton rakenne on lähes sama kuin tiilikatonkin. Pientaloissa kantavana rakenteena on yleensä kattotuolit. Kattotuolien päällä on aluskate ja tuuletusrimat. Tuuletusrimojen päällä on ruodelaudoitus 20mm-60mm välein. Ruoteiden kiinnitys nauloilla jokaiseen kattotuolin kohdalla. Peltikate kiinnitetään ruoteisiin profiilin pohjalta peltikateruuveilla. Tarvittava määrä kiinnityksen varmistamiseksi on noin 7 kappaletta ruuveja neliötä kohden. Asennuskiskojen paikat ovat samat paneeleilla ja keräimillä kuin tiilikatteellakin. Aurinko energian asennus tapahtuu ankkuripulttien avulla. Ankkuripultit ruuvataan katteen läpi profiilin pohjasta kattotuoleihin. Ankkuripultin ja peltikatteen rako tiivistetään EPDM-kumitulpalla, joka kiristyy katteen ja ankkuripultin kannan väliin. Ankkuripulttiin kiinnitetään asennuslevyt ja asennuskiskot käyttäen M10 pultteja ja muttereita. Asennuskiskojen päälle asennetaan itse aurinko järjestelmä sopivin kiinnikkein. Kiinnikkeiden määrä tarvitsee varmistaa tapauskohtaisesti rakennesuunnittelijan tekemän analyysin avulla. Läpivienteihin käytetään valmiita ratkaisuja aurinko energia sovelluksille esimerkiksi Vilpe Oy:n tuotteilla. Läpiviennin tekeminen tapahtuu valmistajan ohjeiden mukaisesti. (Aurinkovirta 2016)

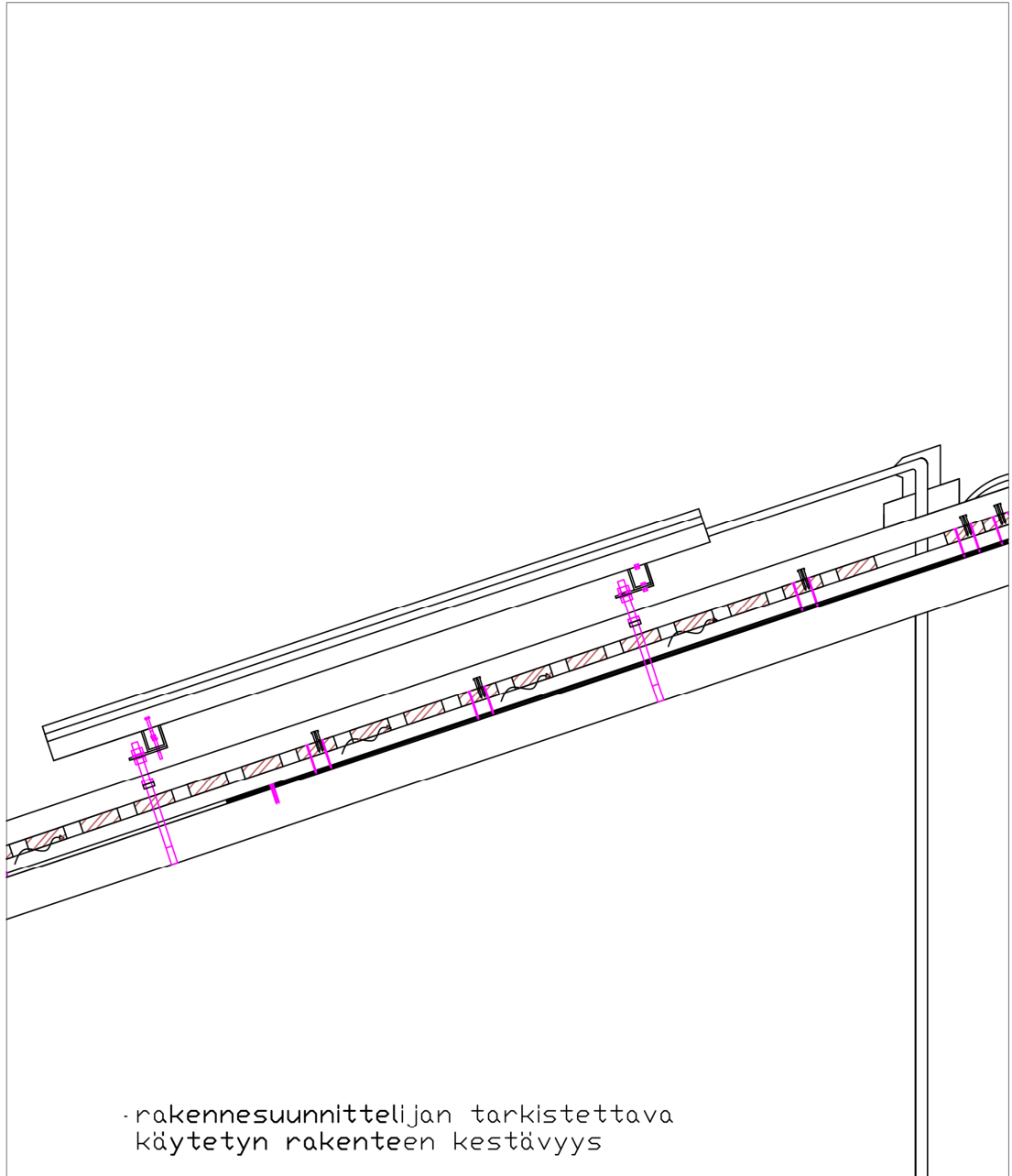



Kuva 35: Ankkuripultin katteen päällinen osuus. Kuvassa näkyy myös kumitiiviste, asennuslevy sekä asennuskisko. (aurinkovirta 2016)

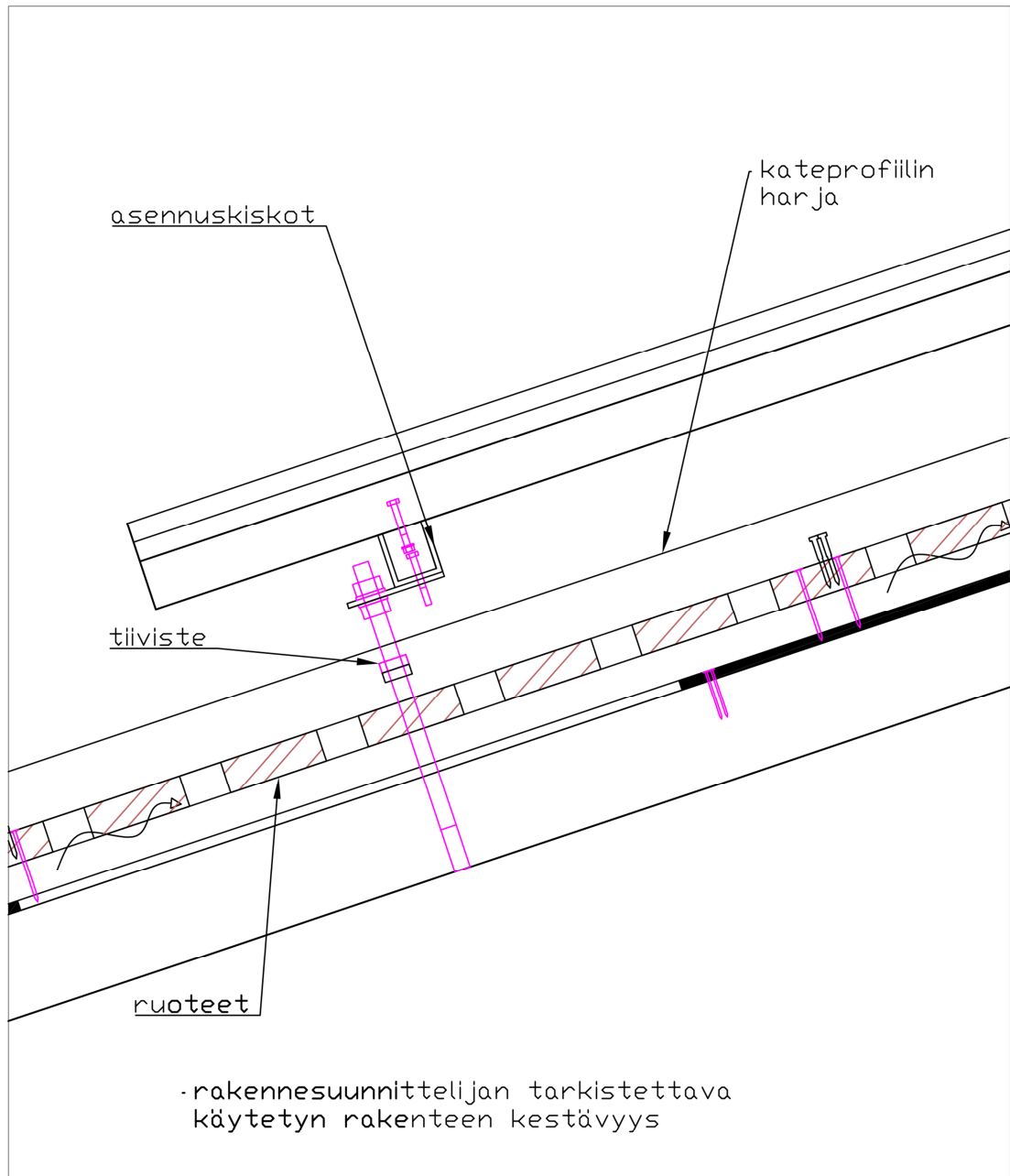
Table of solar fasteners


Screw	Designation	Substructure [mm]	Pilot hole diam. [mm]	Driver for Thread rod	Screw length/ Screw-in depth [mm] / Borehole depth [mm]
	JZ3-SB-8.0xL-E16/8 + Cap	steel 1.5 < 5.0	6.8	SW 5	Screw length: Sandwich element thickness or trapezoidal profile height +20 mm
	JZ3-SB-8.0xL-FZD	5.0 < 7.5	7.0		
		7.5 < 10	7.2		
	JA3-SB-8.0xL-E16/8 + Cap	Wood	5.5	SW 5	32–96
	JA3-SB-8.0xL-FZD		5.5		32–96
	SDF-SB-7xL/50-E16+ Cap + Dowel	Concrete (Strength class C12/15)	10	SW 5	Screw length: 87–227 Screw-in depth: 50 mm Borehole depth: 70-80 mm
	SDF-SB-7xL/50-FZD + Dowel		10		Screw length: 87–227 Screw-in depth: 50 mm Borehole depth: 70-80 mm

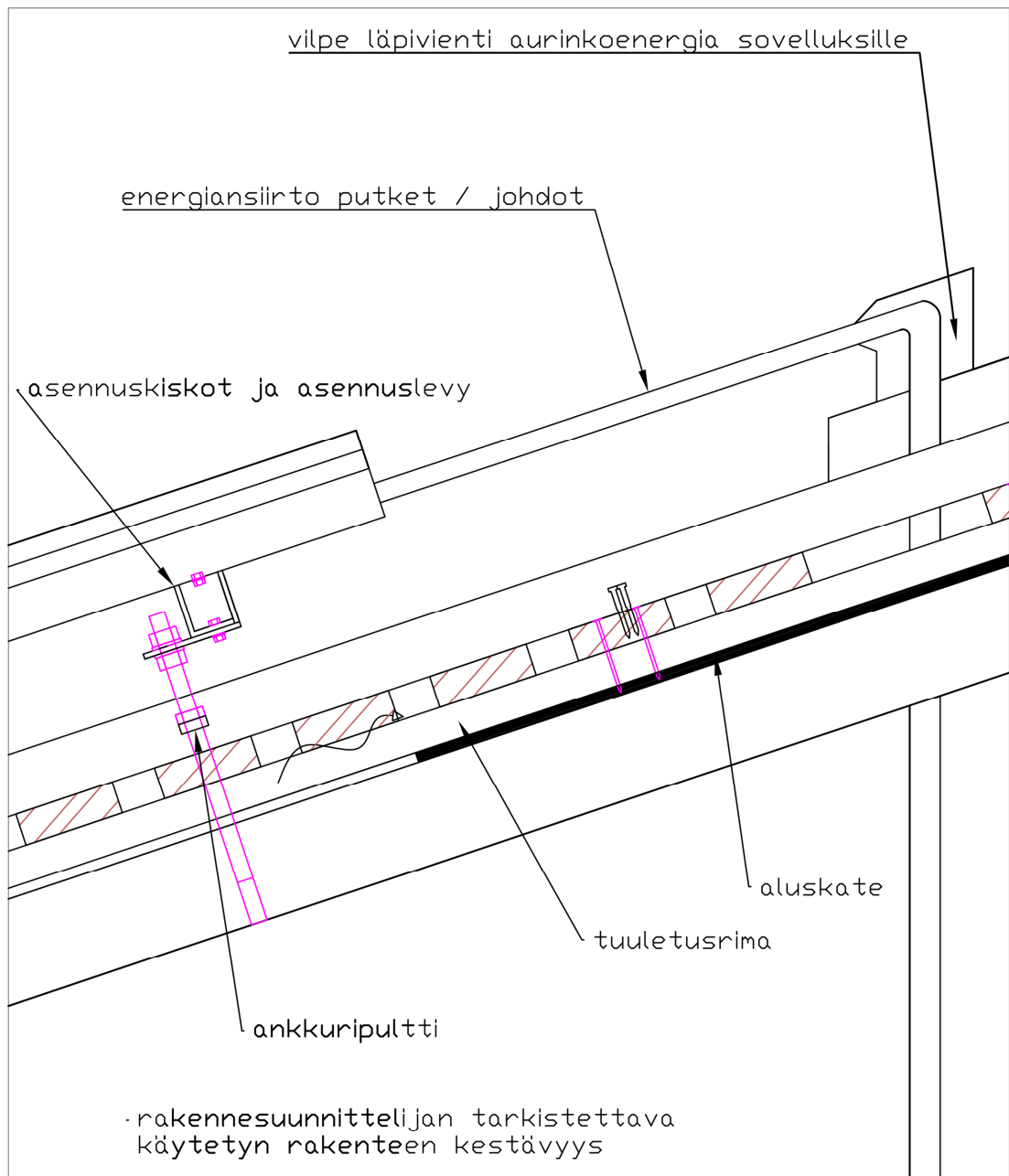
Taulukko 14: Erilaisia peltikate kiinnikkeitä solar worldin sunfix-plus sarjasta. Ankkurit joissa mustan tiivisteiden paikoilla on profiilin mukainen levy on suunniteltu profiililevykanteelle jossa on muotoilu vain yhteen suuntaan. On myös eri kärkisiä ankureita eri katon kantaville rakenteille (substructure) kuten metallille, puulle ja betonille. (Solar world 2016)



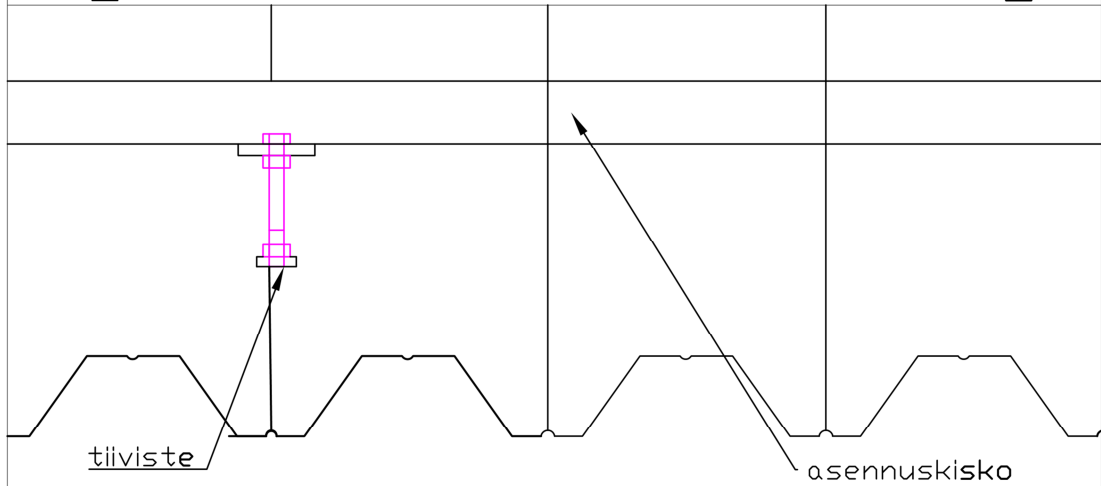
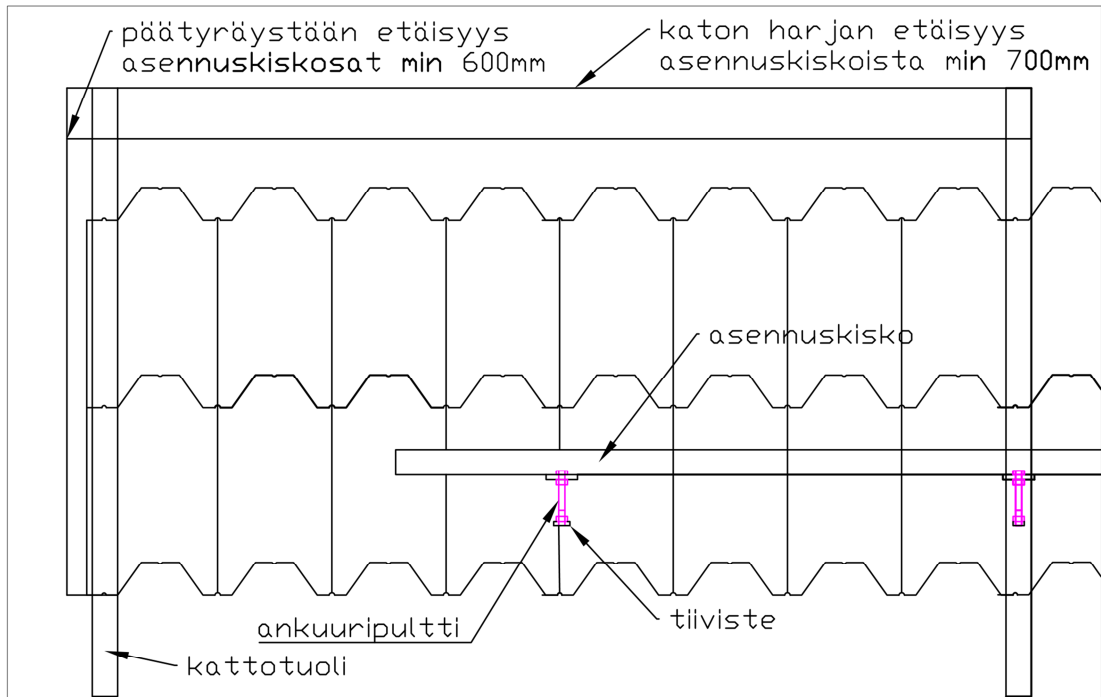
K.OSA	KORTTELI/TILA	TONTTI/RN _o	RAKENNUSLUVAN TUNNUS		
RAKENNUSTOIMENPIDE			PIIRUSTUSLAJI	JUOKS.No	
Aurinkojärjestelmän asentaminen			Detaljipiirustus	1	
RAKENNUSKOHTEEEN NIMI JA OSOITE			PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ	MITTAKAAVAT	
Mallitalo			DETALJIPiIRUSTUS	1:50	
aurinkoenergiajärjestelmän asentaminen profiilipeltikatolle			.	.	
			.	.	
		SUUN.ALA	TYÖ No	PIIR.No	MUUTOS
		RAK		1/3	
		PÄIVÄYS	YHT.HENK.		
		11.1.2016	Teemu Sorsa		




K.OSA	KORTTELI/TILA	TONTTI/RN _o	RAKENNUSLUVAN TUNNUS	
RAKENNUSOIMENPIDE			PIIRUSTUSLAJI	JUOKS.No
Aurinkojärjestelmän asentaminen			Detaljipiirustus	2
RAKENNUSKOHTTEEN NIMI JA OSOITE			PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ	MITTAKAAVAT
Mallitalo			DETALJIPiIRUSTUS	1:50
aurinkoenergiajärjestelmän			.	.
asentaminen profiilipeltikatolle			.	.
			SUUN.ALA	TYÖ No
			RAK	PIIR.No
			2/3	MUUTOS
		PÄIVÄYS	YHT.HENK.	
		11.1.2016	Teemu Sorsa	



K.OSA	KORTTELI/TILA	TONTTI/RN _o	RAKENNUSLUVAN TUNNUS	
RAKENNUSOIMENPIDE	Aurinkojärjestelmän asentaminen		PIIRUSTUSLAJI	JUOKS.No
RAKENNUSKOHTIEN NIMI JA OSOITE	Mallitalo		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ	MITTAKAAVAT
aurinkoenergiajärjestelmän asentaminen profiilipeltikatolle			DETALJIPIIRUSTUS	1:50
			.	.
			.	.
samk 		SUUN.ALA	TYÖ No	PIIR.No
		RAK		3/3
		PÄIVÄYS	YHT.HENK.	MUUTOS
		11.1.2016	Teemu Sorsa	



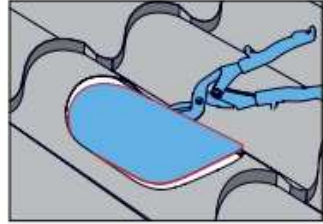
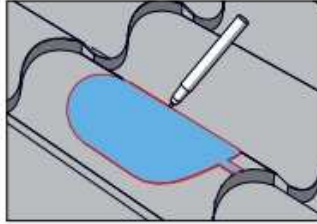
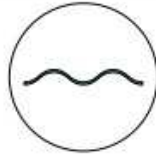
rakennesuunnittelijan on tarkastettava
käytetyn rakenteen kestävyys

K.OSA	KORTTELI/TILA	TONTTI/RNo	RAKENNUSLUVAN TUNNUS	
RAKENNUSOIMENPIDE Aurinkojärjestelmän asentaminen			PIIRUSTUSLAJI Detaljipiirustus	JUOKS.No 1
RAKENNUSKOHTTEEN NIMI JA OSOITE Mallitalo aurinkoenergiajärjestelmän asentaminen profiilipeltikatolle lappeelta kuvattuna			PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ DETALJIPiIRUSTUS	MITTAKAAVAT 1:50
			SUUN.ALA RAK	TYÖ No PIIR.No MUUTOS 1/1
			PÄIVÄYS 11.1.2016	YHT.HENK. Teemu Sorsa

VILPE OY:N AURINKOENERGIASOVELLUKSILLE SUUNNITELLUN
PELTIKATE LÄPIVIENNIN ASENNUSOHJE

Installation of the sealing for underlay

1.

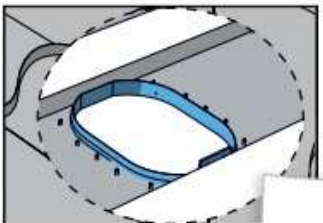
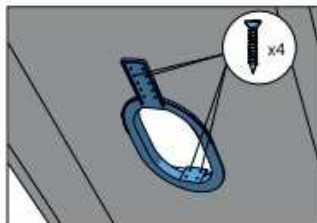
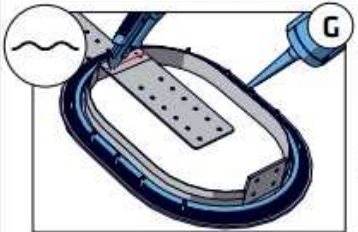
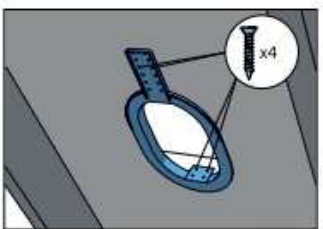
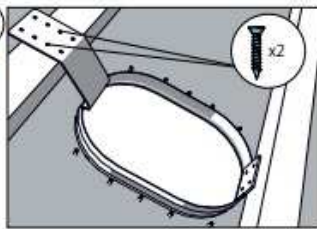
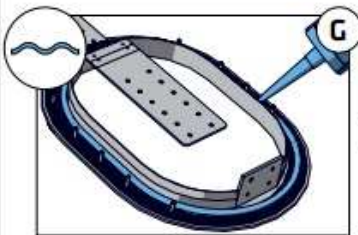
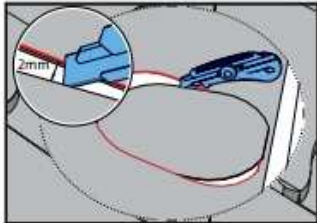
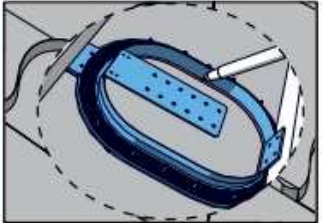
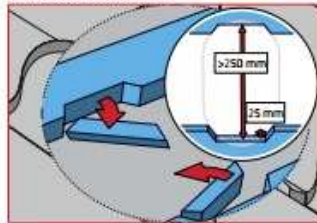


2.

2.1

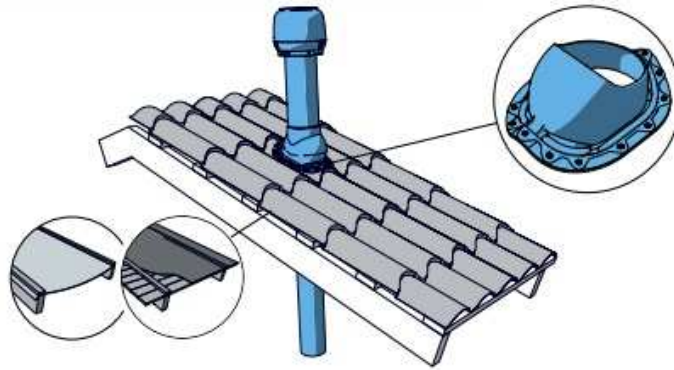


Finnera & Finnera Plus



Kuva 36: Profiilipeltikatteeseen läpivientiä varten ohje katteeseen läpäisyä sekä aluskatteen läpäisyä varten. (Vilpe 2016)

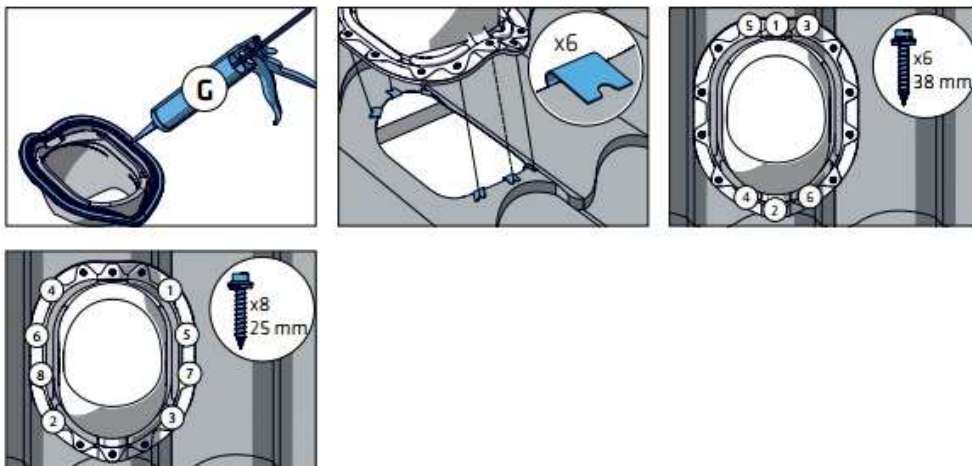
Installation



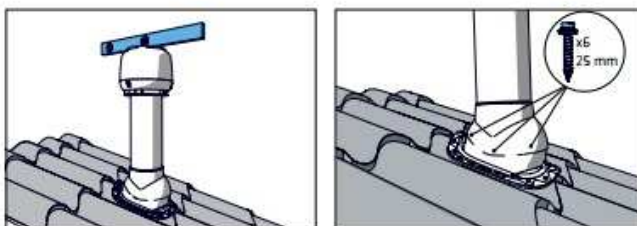
FI Katso aluskatteen tiivisteen asennus sivulla 13 **SV** Se installationsanvisningarna för tätning för undertak på sidan 13 **DE** Siehe Anweisungen zur Montage der Abdichtung für Untersperrbahnen auf Seite 13 **NL** Raadpleeg de installatie-instructies voor de afdichting voor de onderlaag op pagina 13 **FR** Reportez-vous aux instructions d'installation de l'étanchéité du rehaussement à la page 13 **ET** Vaadake aluskihvi tihendi paigaldussuuniseid lk 13 **LT** 2r. sandarinimo pakloto montavimo instrukcijas 13 psl. **LV** Skatiet paklājuma bilvējuma uzstādīšanas norādījumus lappusē 13 **PL** Sprawdź instrukcję montażu uszczelki na stronie 13 **HU** Lásd az alátét-tömítés beépítési útmutatását a(z) 13 oldalon. **CZ** Viz instrukce pro montáž těsnění podložky na str. 13 **RU** См. монтаж уплотнителя гидрозатвора на стр. 13

1. & 2. See the installation instructions for sealing for underlay on page 13

3



4



Kuva 37: Läpivienti osien asentaminen sekä vesitiiveydestä huolehtiminen. (Vilpe 2016)

Lisätietoa asennuksesta ja tuotteesta Vilpe Oy:n [www-sivuilta](http://www.vilpe.com/fi/)

<http://www.vilpe.com/fi/>

Asennusvideo löytyy VILPE – SK Tuote Oy youtube kanavalta

<https://www.youtube.com/user/sktuote>

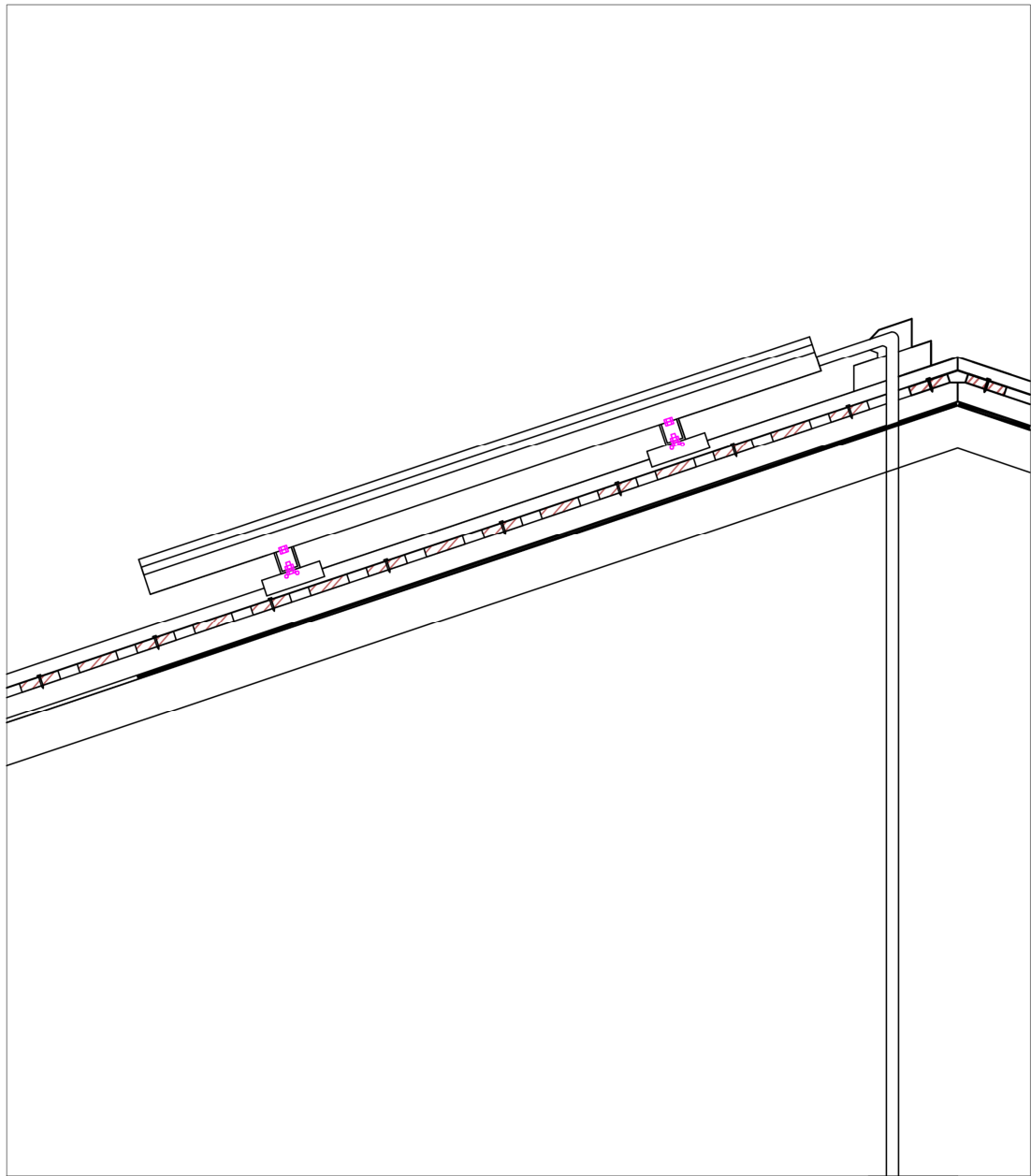
AURINKOPANEELIEN JA KERÄIMIEN ASENTAMINEN JYRKÄLLE KONESAUMATULLE PELTIKATOLLE


Konesaumatus peltikatteen alapuolinen rakenteeseen kuuluu kattotuolit, aluskate, tuuletusrima ja ruoteet. Ruodelaudoituksen päälle asennetaan pellit aloittaen katon oikealta puolelta maasta katsottuna. Kate levy kiinnitetään erillisellä kiinnitys listalla aina vasemmasta saumastaan ruuveilla kattoon. Kiinnityslistaan ja sen avulla kiinni olevaan katepeltiin kone saumataan seuraavan katepellin oikea sivu. Tämän jälkeen vasempaan sivuun peltiä tehdään jo edellisestä pelistä tuttu kiinnityslista liitos. Katepeltien kiinnitys pitäisi olla lappeilla ruuveilla, joka ruoteen kohdalla ja katon keskikohdilla vain 3 alimpaan ja 3 ylimpään ruoteeseen. Katon keskikohdilla siis tarvitsee katteen kiinnitystä lisätä ruoteisiin kiinnikkeiden kohdalla.

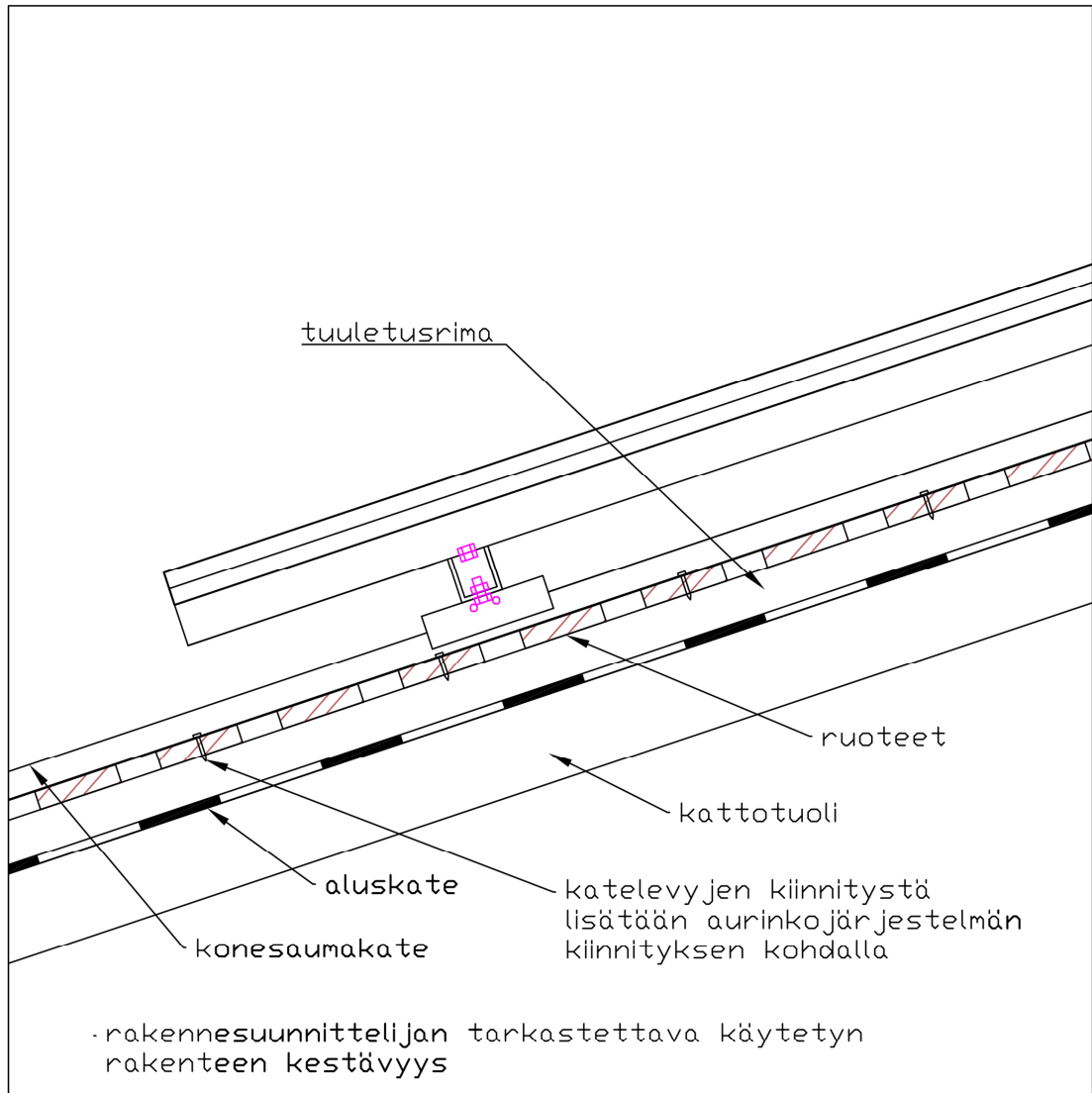
Konesaumakatolla käytettävä aurinko energia sovellusten kiinnike on muille katto-tyypeille erilainen siinä mielessä, että sen ei tarvitse läpäistä katetta. Kiinnike on kuin puristin joka kiristetään katepelti rivien saumoihin. Asennuskiskojen paikat ovat samat kuin tiili- ja profiilipeltikatoillakin. Kiinnike tulee kiristää halutulle kohdalle, niin että sen hampaat lukitsevat sen liikkumisen pysty suunnassa. Kiinnike kiristetään vähintään momenttiin 20Kn. Kiinnikkeeseen liitetään asennuslevyt ja asennuskiskot M10 pultteja ja muttereita käyttäen. Kiskojen päälle taas kiinnitetään joko paneelit tai keräimet käyttäen niille suunniteltuja kiinnikkeitä. Kiinnikkeet laitetaan jokaisen konesauman kohdalle, ja kiinnityksen riittävyys tarvitsee rakennesuunnittelijan tehdä erillisessä tarkastelussa. Läpivienneissä käytetään valmiita ratkaisuja, kuten esimerkiksi vilpe ja noudetaan valmistajan omia asennusohjeita.




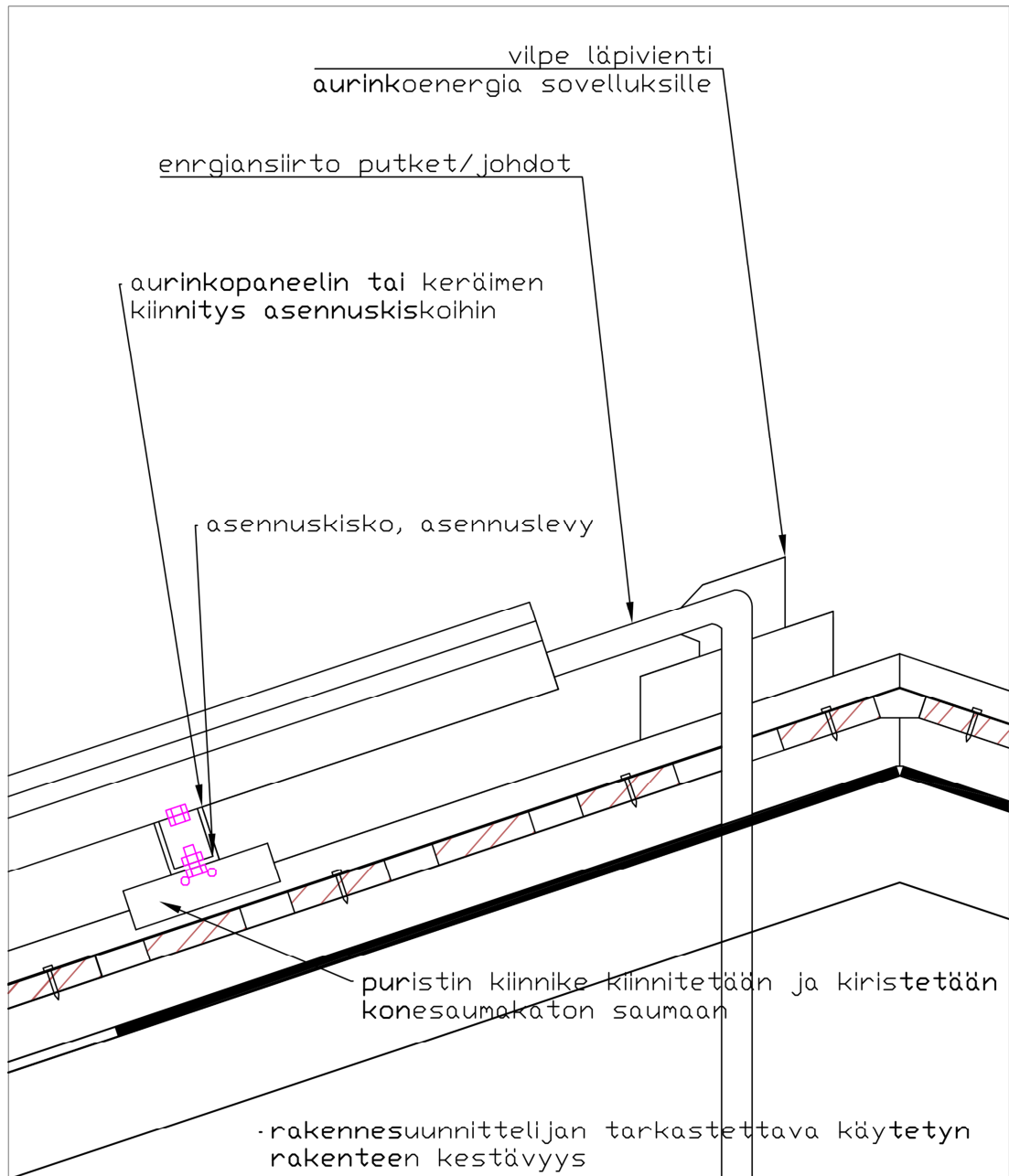
Kuva 38: Kuvassa konesauma, kiinnike, asennuslevy ja asennuskisko (aurinkovirta 2016)




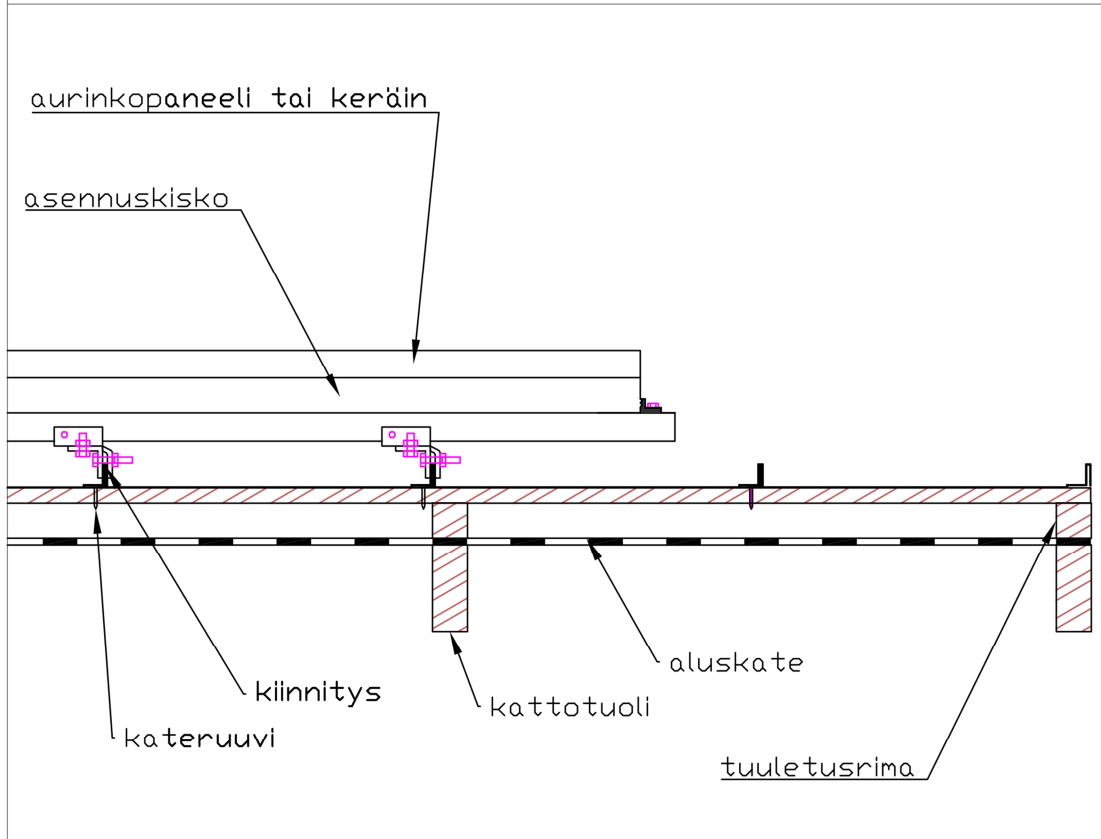
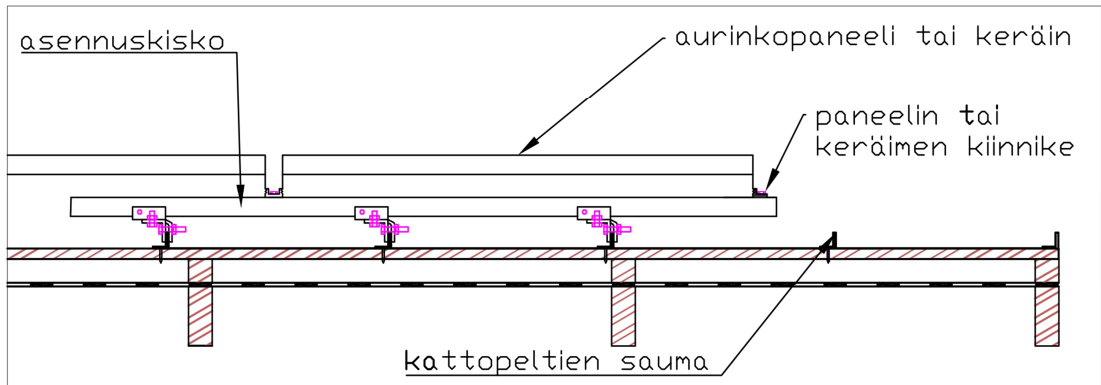
K.OSA	KORTTELI/TILA	TONTTI/RNo	RAKENNUSLUVAN TUNNUS	
RAKENNUSOIMENPIDE	Aurinkojärjestelmän asentaminen		PIIRUSTUSLAJI	JUOKS.No
			Detaljipiirustus	1
RAKENNUSKOHTEEEN NIMI JA OSOITE	Mallitalo		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ	MITTAKAAVAT
aurinkoenergiajärjestelmän asentaminen profiilipeltikatolle			DETALJIPiIRUSTUS	1:50
			.	.
			.	.
		SUUN.ALA	TYÖ No	PIIR.No
		RAK		1/3
		PÄIVÄYS	YHT.HENK.	
		11.1.2016	Teemu Sorsa	



K.OSA	KORTTELI/TILA	TONTTI/RNo	RAKENNUSLUVAN TUNNUS	
RAKENNUSOIMENPIDE	Aurinkoenergia järjestelmän asentaminen		PIIRUSTUSLAJI	JUOKS.No
			Detaljipiirustus	2
RAKENNUSKOHTEEEN NIMI JA OSOITE	Malli aurinkoenergiajärjestelmän asennuksesta konesaumatullepeltikatolle		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ	MITTAKAAVAT
			DETALJIPiIRUSTUS	1:50
			.	.
			.	.
samk 		SUUN.ALA	TYÖ No	PIIR.No
		RAK		2/3
		PÄIVÄYS	YHT.HENK.	
		14.1.2016	Teemu Sorsa	
			MUUTOS	

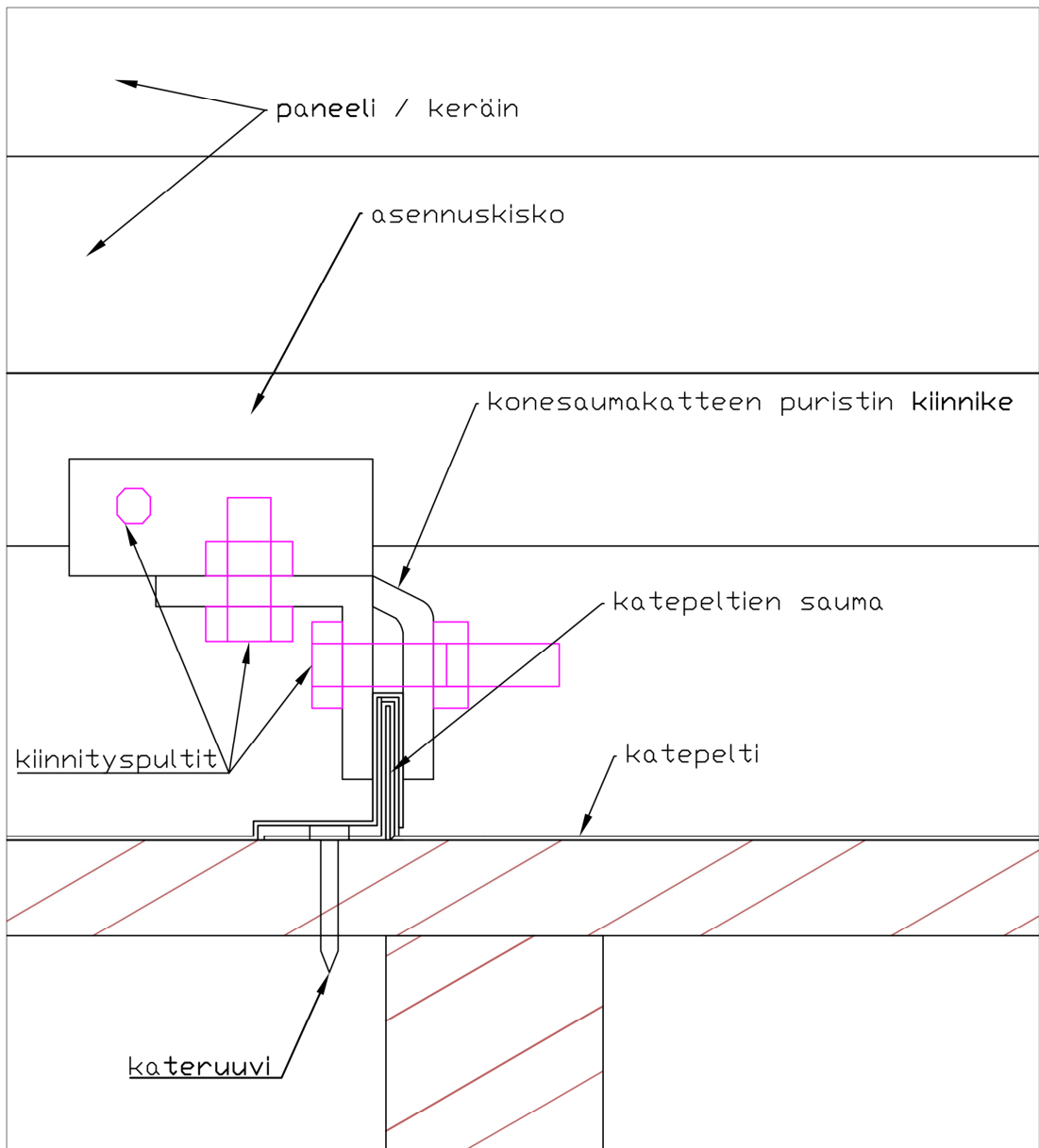



K.OSA	KORTTELI/TILA	TONTTI/RN _o	RAKENNUSLUVAN TUNNUS		
RAKENNUSOIMENPIDE			PIIRUSTUSLAJI	JUOKS.No	
Aurinkojärjestelmän asentaminen			Detaljiirustus	3	
RAKENNUSKOHTEEN NIMI JA OSOITE			PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ	MITTAKAAVAT	
Mallitalo			DETALJIPIIRUSTUS	1:50	
aurinkoenergiajärjestelmän asentaminen profiilipeltikatolle			.	.	
			.	.	
		SUUN.ALA	TYÖ No	PIIR.No	MUUTOS
		RAK		3/3	
		PÄIVÄYS	YHT.HENK.		
		11.1.2016	Teemu Sorsa		



rakennesuunnittelija tarkastettava käytetyn rakenteen kestävyys

K.O.SA	KORTTELI/TILA	TONTTI/RNo	RAKENNUSLUVAN TUNNUS			
RAKENNUSOIMENPIDE Aurinkojärjestelmän asentaminen			PIIRUSTUSLAJI Detaljipiirustus		JUOKS.No 1	
RAKENNUSKOHTTEEN NIMI JA OSOITE Mallitalo			PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ DETALJIPiIRUSTUS		MITTAKAAVAT 1:50	
aurinkoenergiajärjestelmän asentaminen konesaumatuille peltikatolle lappeelta kuvattuna			.		.	
			SUUN.ALA	TYÖ No	PIIR.No	MUUTOS
			RAK		1/2	
			PÄIVÄYS 11.1.2016	YHT.HENK. Teemu Sorsa		

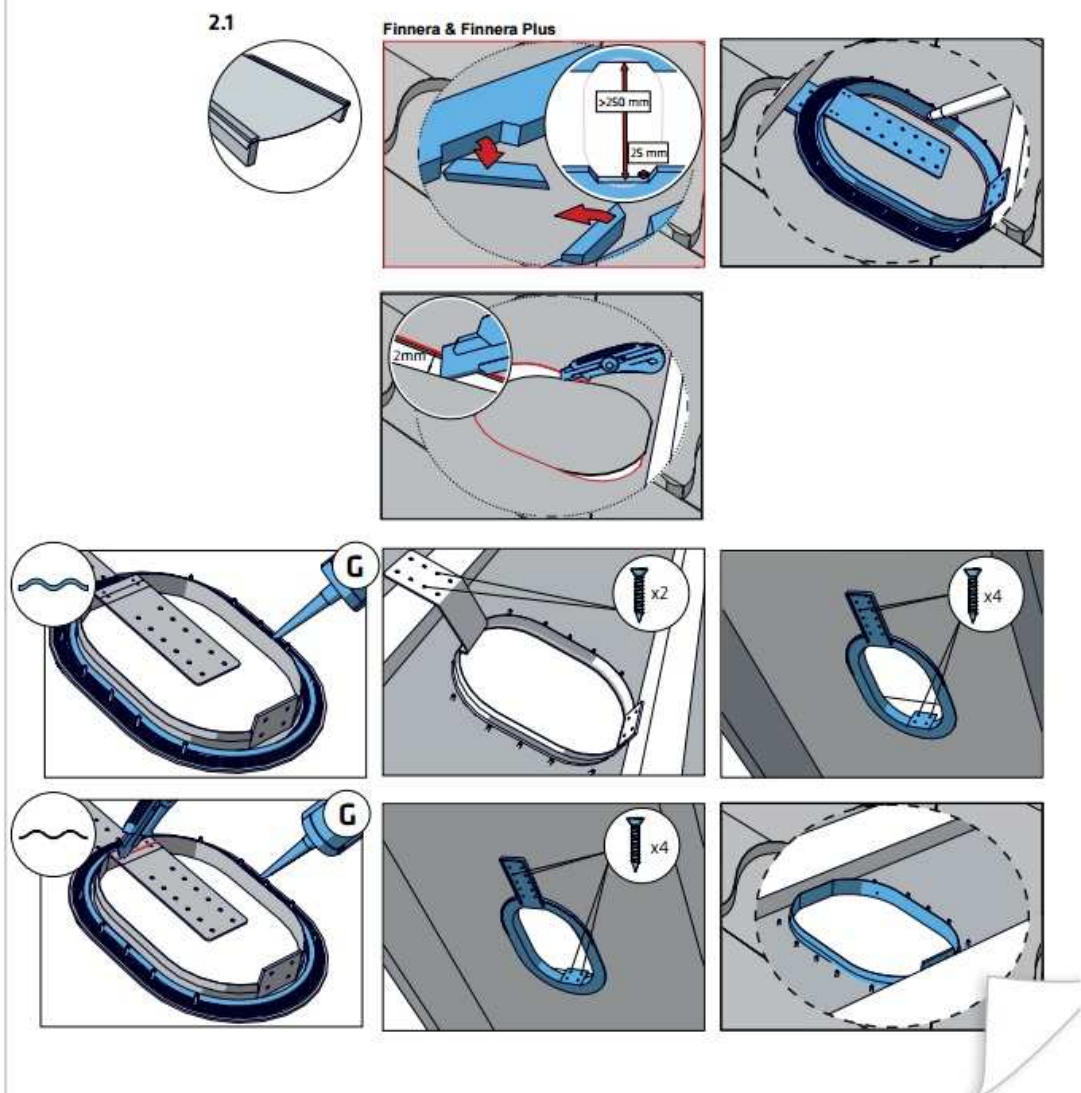


rakennesuunnittelijan tarkastettava käytetyn rakenteen kestävyys			
K.OSA	KORTTELI/TILA	TONTTI/RNo	RAKENNUSLUVAN TUNNUS
RAKENNUSOIMENPIDE	Aurinkojärjestelmän asentaminen		PIIRUSTUSLAJI Detaljipiirustus
RAKENNUSKOHTEEN NIMI JA OSOITE	Mallitalo		JUOKS.No 2
aurinkoenergiajärjestelmän asentaminen konesaumatululle peltikatolle lappeelta kuvattuna			PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ DETALJIPiIRUSTUS
			MITTAKAAVAT 1:50
			.
			.
	SUUN.ALA	TYÖ No	PIIR.No
	RAK		2/2
PÄIVÄYS	YHT.HENK.		
11.1.2016	Teemu Sorsa		

VILPE OY:N AURINKOENRGIASOVELLUKSILLE SUUNNITTELEMAN
KONESAUMAKATON LÄPIVIENNIN ASENNUSOHJE.

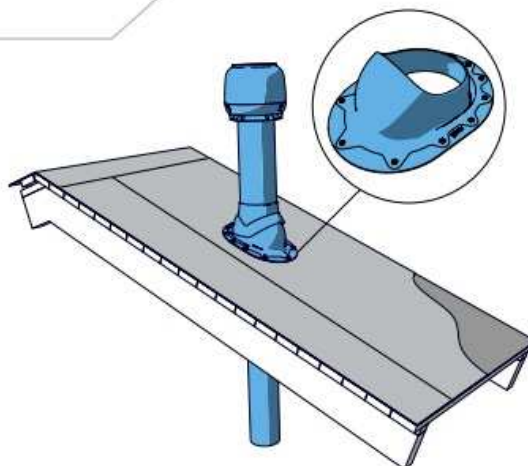


2.

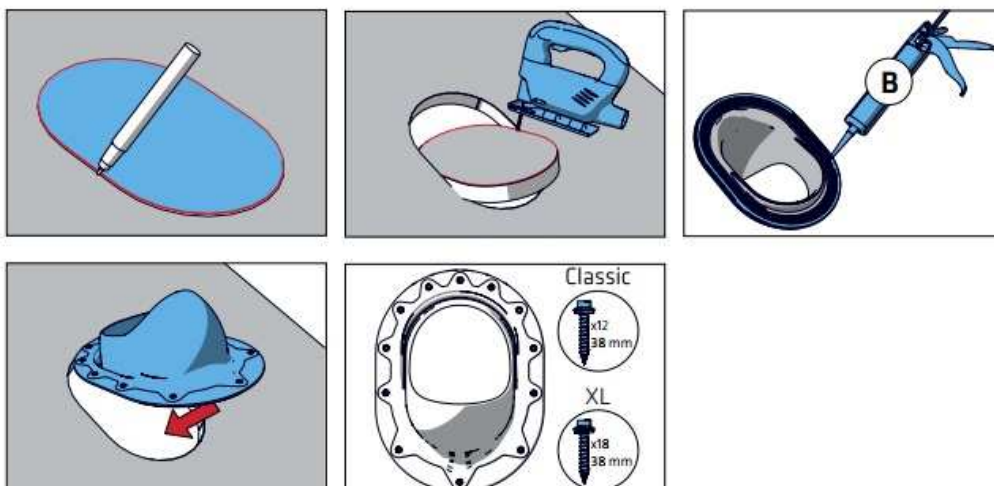


Kuva 39: Aluskatteen läpäisy Vilpe classic läpiviennillä. (Vilpe 2016)

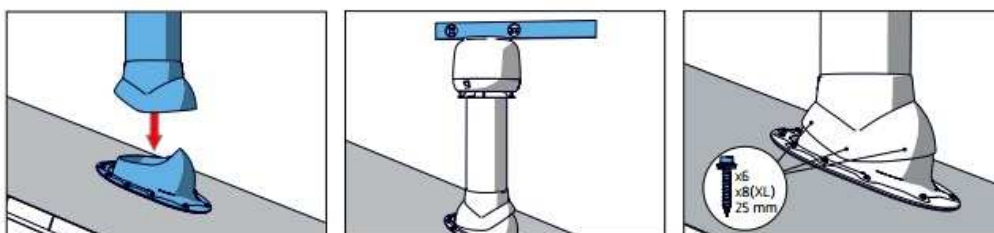
Installation



1.



2.



Kuva 40: Katteen läpäisy ja läpivienti osien asentaminen tasaiselle pinnalle, kuten konesaumakatolle. (Vilpe 2016)

Lisätietoa asennuksesta ja tuotteesta Vilpe Oy:n [www-sivuilta](http://www.vilpe.com/fi/)

<http://www.vilpe.com/fi/>

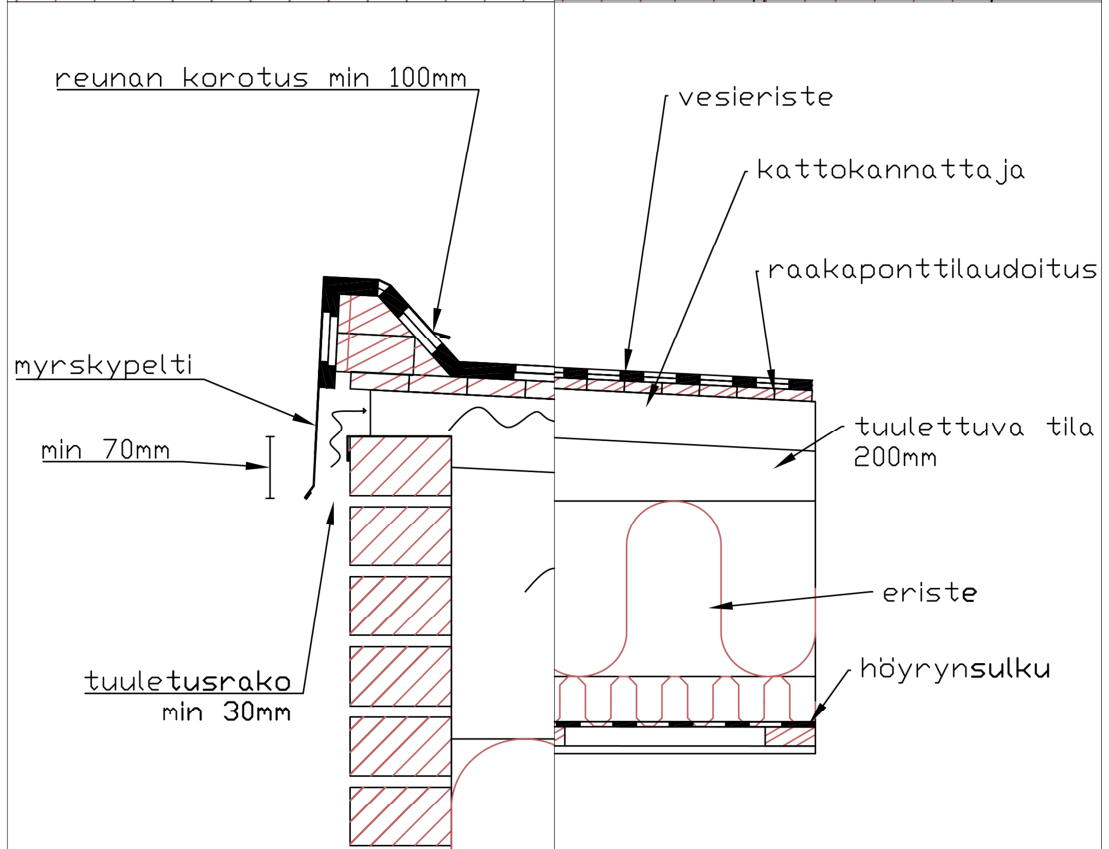
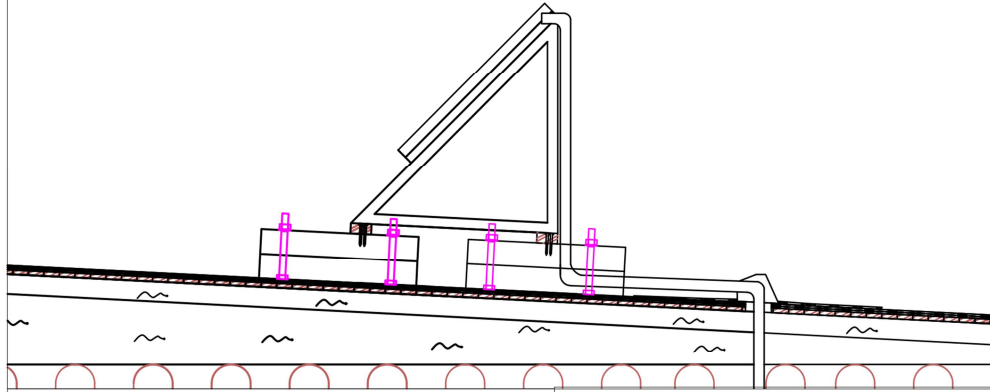
Asennusvideo löytyy VILPE – SK Tuote Oy youtube kanavalta

<https://www.youtube.com/user/sktuote>

AURINKOPANEELIEN JA KERÄIMIEN ASENTAMINEN LOIVALLE BITUMIKATOLLE

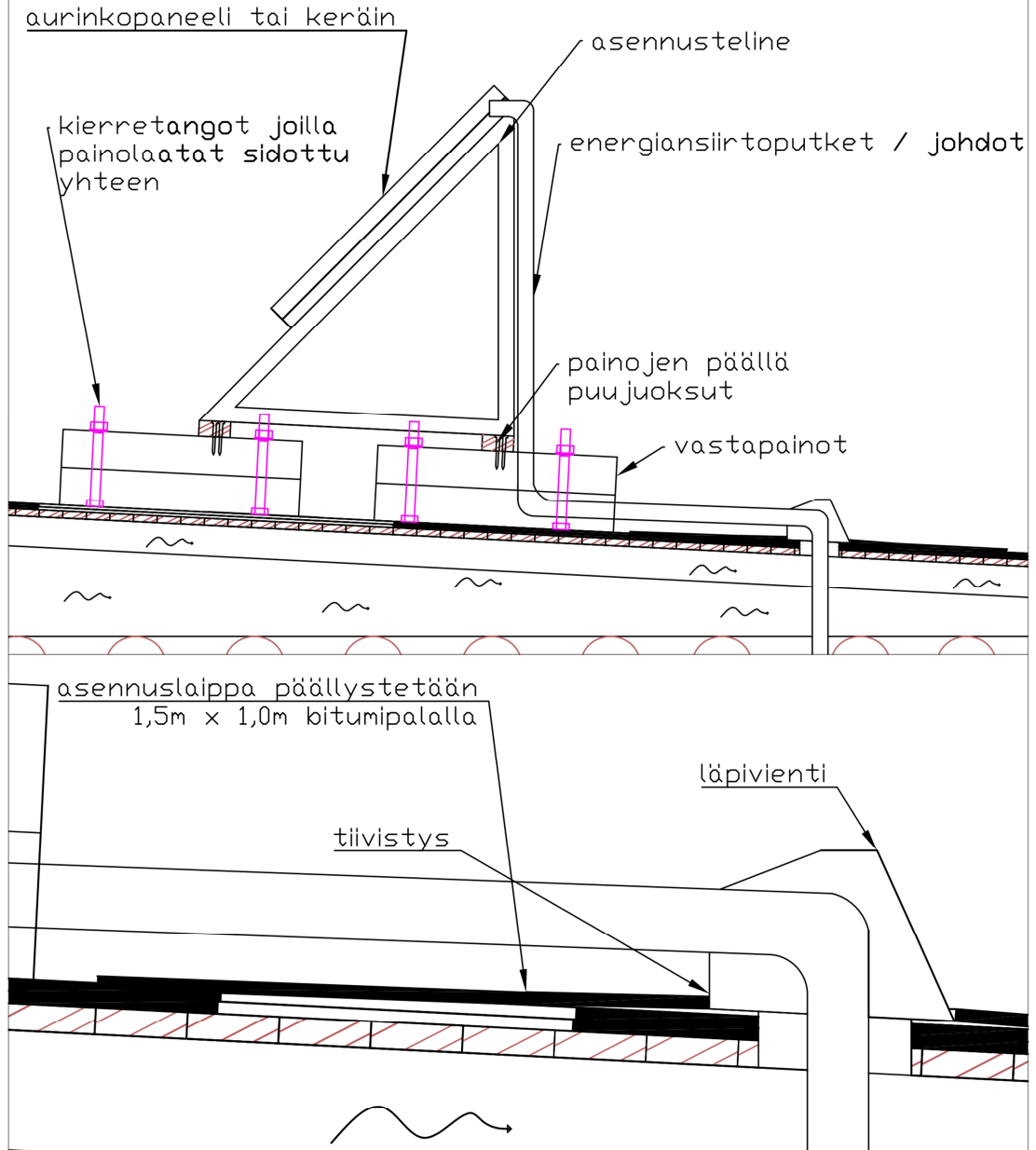
Loivan katon rakenteena on tässä mallissa puiset kattoristikot. Alapaarre on levytetty huoneiston puolelta ja levytyksen päällä on villa kerros. Villakerroksen jälkeen on reilu tuuletustila. Tuuletustilan jälkeen tulee vastaan yläpaarre, jonka päällä on aluslaudoitus. Aluslaudoituksen päällä on kaksikermikate ja kermien kerrokset on limitetty niin ettei saumat tule toistensa kohdalle. Aurinko energia järjestelmä asennetaan loivalle katolle ilman mekaanisia kiinnikkeitä vastapaino periaatteella. Katteen päälle tehdään alusta jolle asteittain säädettävät kolmiotelineet asennetaan. Alusta tehdään paneelirivin suuntaisesti. Katolle asennetaan painot, jotka toimivat samalla alustan jalustana. Painojen suuruus määritellään tarkastelemalla tuulikuormia, löytyy otsikon vastapainon määrittäminen alta (4.2.3). Painot voivat olla esimerkiksi betonisia pihalaattoja. Painot pitää asentaa niin, etteivät ne patoa vettä vaan vesi pääsee juoksemaan niiden ohitse. Laatat esimerkiksi niin että ne ovat salmiakin muotoisesti veden kulkusuuntaan nähden. Pinotut pihalaatat tarvitsee sitoa toisiinsa. Pihalaatat voidaan sitoa toisiinsa esimerkiksi siten, että alimpaan laattaan kiinnitetään kierretangot injektiomassalla. Sen jälkeen päälle pinottaviin laattoihin porataan reiät kierretankojen kohdalle ja pinotaan päällekkäin. Viimeisen laatan jälkeen paketti voidaan kiristää yhteen kierretankoon sopivilla aluslevyillä ja lukkomuttereilla. Jalustan päälle tehdään puusta alusta eli juoksut paneelirivien suuntaisesti. Alusta voidaan kiinnittää kierretankoihin aluslevyn ja mutterin alle tai keskelle jalustaa tulpilla tai ankkureilla. Alustana voidaan käyttää esimerkiksi puuta 50mmx100mm. Alustaan kiinnitetään Aurinkopaneeleja tai aurinkokeräimiä varten kulma asennustelineet tasakantaisilla puuruuveilla. Telineisiin kiinnitetään aurinkopaneelit tai keräimet käyttäen niille suunniteltuja kiinnikkeitä. Läpiviennissä käytetään valmiita ratkaisuja ja noudatetaan niiden asennusohjeita. Läpivienti toteutetaan siten että korokekaulus hitsataan tai liimataan katon kermiin läpivientireiän ympärille. Hitsattu tai liimattu kaulus peitetään tarpeeksi suurella kermin palalla (1mx1.5m) jotta vesitiiveydestä voidaan olla varmoja. Loivilla katoilla vesitiiveydestä huolehtiminen on vielä tärkeämpää kuin jyrkillä katoilla, koska loivalla katolla vesi ei liiku yhtä hyvin kuin jyrkällä katolla.


-rakennesuunnittelijan tarkastettava käytetyn rakenteen kestävyys



K.OSA	KORTTELI/TILA	TONTTI/RNo	RAKENNUSLUVAN TUNNUS	
RAKENNUSOIMENPIDE	Aurinkojärjestelmän asentaminen		PIIRUSTUSLAJI	JUOKS.No
			Detaljiirustus	1
RAKENNUSKOHTIEN NIMI JA OSOITE	Mallitalo		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ	MITTAKAAVAT
aurinkoenergiajärjestelmän	asentaminen tasabitumikatolle		DETALJIPIIRUSTUS	1:50
			.	.
			.	.
			SUUN.ALA	TYÖ No
			RAK	PIIR.No
				MUUTOS
				1/2
		PÄIVÄYS	YHT.HENK.	
		11.1.2016	Teemu Sorsa	

-rakennesuunnittelijan tarkastettava käytetyn rakenteen kestävyys

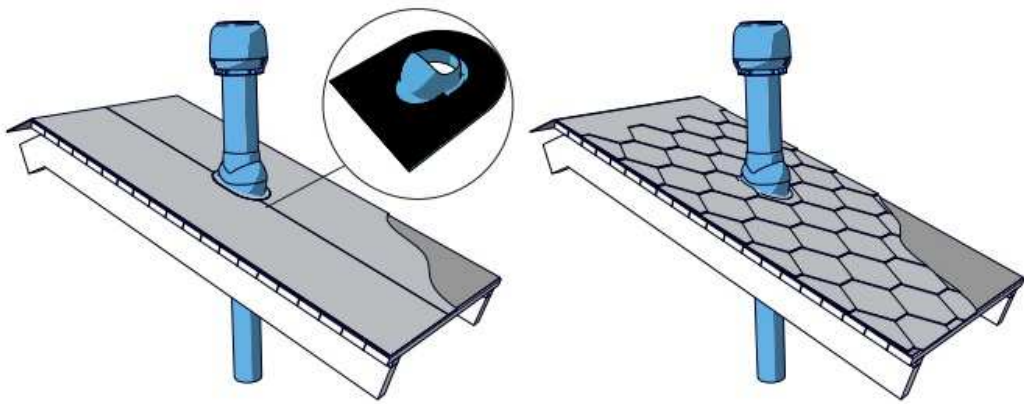


K.OSA	KORTTELI/TILA	TONTTI/RNo	RAKENNUSLUVAN TUNNUS	
RAKENNUSOIMENPIDE	Aurinkojärjestelmän asentaminen		PIIRUSTUSLAJI	JUOKS.No
RAKENNUSKOHTIEN NIMI JA OSOITE	Mallitalo		Detaljipiirustus	2
aurinkoenergiajärjestelmän asentaminen tasabitumikatolle			PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ	MITTAKAAVAT
			DETALJIPiIRUSTUS	1:50
			.	.
			.	.
			SUUN.ALA	TYÖ No
			RAK	PIIR.No
				2/2
			PÄIVÄYS	YHT.HENK.
			11.1.2016	Teemu Sorsa

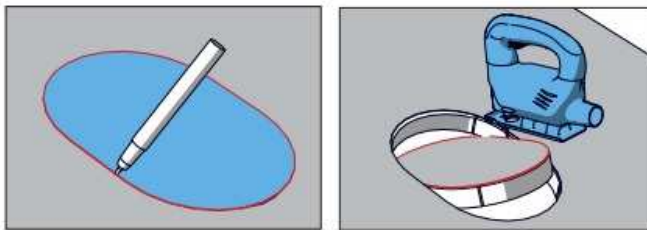
VILPE OY:N AURINKOENERGIASOVELLUKSILLE SUUNNITTELEMAN
BITUMIKATON LÄPIVIENNIN ASENNUSOHJE



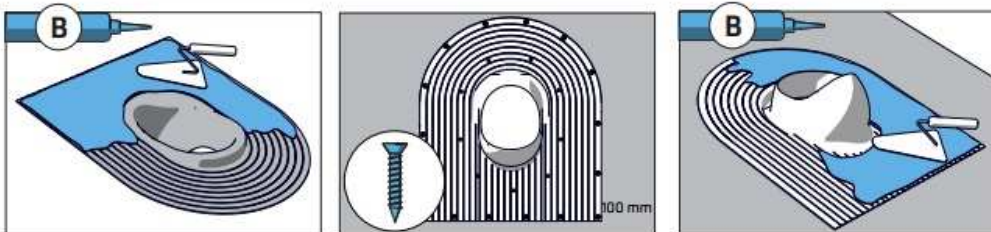
Installation



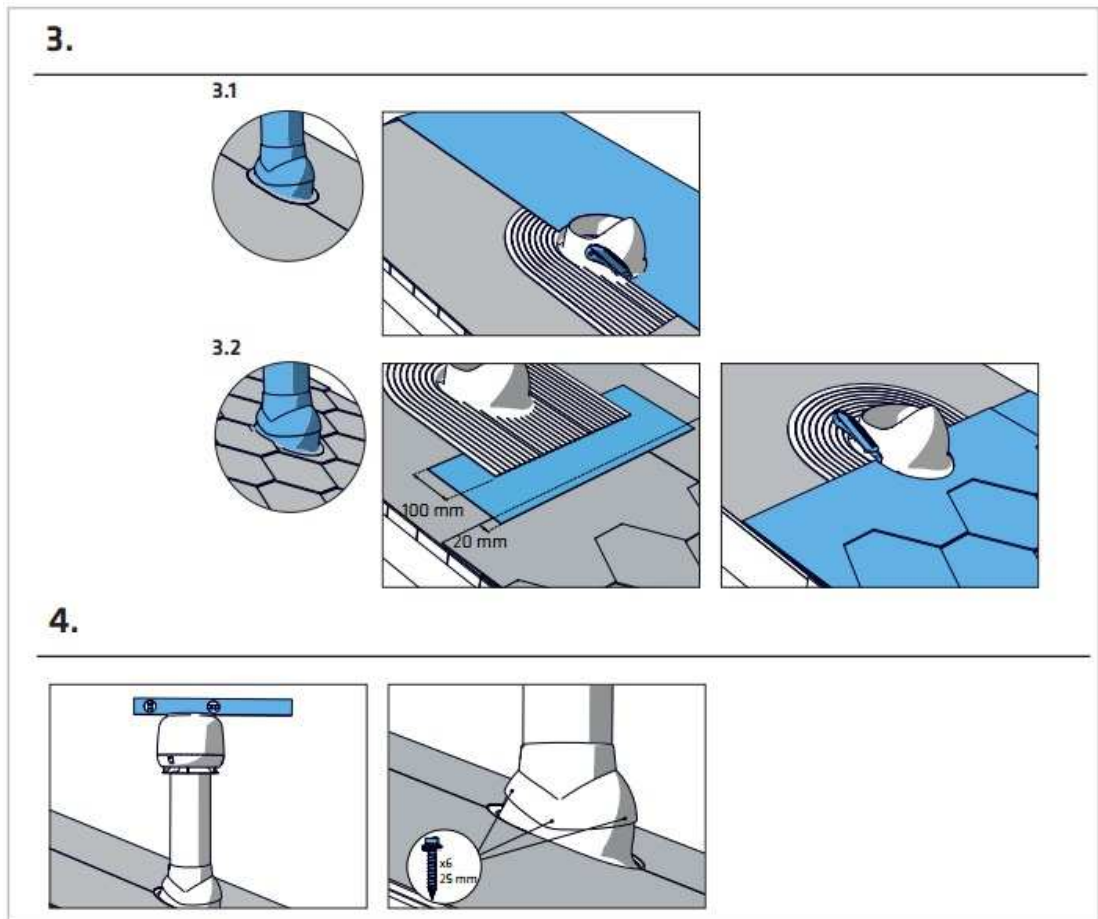
1.



2.



Kuva 41: Katteeseen ja aluslaudoitukseen reijän tekeminen läpivientiä varten (Vilpe 2016)



Kuva 42: Läpivientiosien asentaminen ja vesitiiveydestä huolehtiminen. (Vilpe 2016)

Lisätietoa asennuksesta ja tuotteesta Vilpe Oy:n [www-sivuilta](http://www.vilpe.com/fi/)

<http://www.vilpe.com/fi/>

Asennusvideo löytyy VILPE – SK Tuote Oy youtube kanavalta

<https://www.youtube.com/user/sktuote>