

Nico Haavisto

PORIN UIMAHALLIN AURINKOLÄMPÖ- JA  
MITTAUSJÄRJESTELMIEN SEKÄ ANTUROINNIN  
SUUNNITTELU JA MITTAUSTIEDON HYÖDYNTÄMINEN

Energiatekniikan koulutusohjelma  
LVI-Tekniikan suuntautumisvaihtoehto

2007



Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Satakunta University of Applied Sciences

## PORIN UIMAHALLIN AURINKOLÄMPÖ- JA MITTAUSJÄRJESTELMIEN SEKÄ ANTUROINNIN SUUNNITTELU JA MITTAUSTIEDON HYÖDYNTÄMINEN

Haavisto, Nico  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
LVI- ja Energiatekniikan koulutusohjelma  
Joulukuu 2013  
Ohjaaja: Karirinne, Suvi  
Sivumäärä:28  
Liitteitä:1

Asiasanat: Aurinkoenergia, aurinkolämpöteknologia, energia, mittaus

---

Opinnäytetyön tavoitteena oli valita Porin uuteen uimahalliin rakennettavaan aurinkolämpöjärjestelmään toimivat anturimallit sekä määrittämään niiden sijainti järjestelmässä. Uuden uimahallin aurinkolämpöjärjestelmät sisältävät paljon uutta tekniikkaa, joten tavoitteena oli saada mitattua järjestelmästä ennalta määritellyt arvot tietyn väliajoin niin että järjestelmän toimintaa pystyttiin tarkkailemaan.

Antureiden mallia ja sijainteja suunniteltiin yhdessä Satakunnan ammattikorkeakoulusta uimahalli-projektiin osallistuvien projekti-insinöörien sekä Luvata Pori Oy:ön, nykyisin osa Aurubis Finland Oy:tä, henkilökunnan kanssa. Komponentit valittiin vallitsevien olosuhteiden sekä toivottavan mittaustiedon mukaan. Neuvotteluja eri osapuolien välillä käytiin useaan otteeseen projektin kuluessa jotta toivottu lopputulos saavutettiin. Satakunnan ammattikorkeakoulun projektiryhmä kävi tutustumassa myös Luvata Oy:n tiloissa sijaitsevaan Nordic Solar pilottijärjestelmään. Pilottijärjestelmä oli täysin toimintakuntoinen, mittausjärjestelmä mukaan lukien, joten saatiin paljon hyödyllistä ja testattua tietoa järjestelmän todellisesta toiminnasta.

Järjestelmän valmistuttua vain sähköä keräävät PV-kennot on saatu toimintaan täysipäiväisesti johtuen erinäisistä ei aurinkosovelluksiin liittyvistä takuuongelmista. PV-kennojen osalta toteutunut tuotto on ollut erittäin lähellä ennustettua tuottoa joten niiltä osin projekti on onnistunut. Ensimmäinen kokonainen vuosi jolloin kaikki aurinkosovellutukset ovat käytössä tulee olemaan vuosi 2014. Ensimmäisiä tuloksia aurinkolämpöjärjestelmistä on kuitenkin jo saatu ja tulokset vaikuttavat lupaavilta.

# THE NEW PORI SWIMMING HALLS SOLAR SYSTEM SENSORY DESIGN AND UTILISATION OF MEASURED DATA

Haavisto, Nico  
Satakunta University of Applied Sciences  
Degree Programme in Energytechnology  
December 2013  
Supervisor: Karirinne, Suvi  
Number of pages:28  
Appendices:1

Keywords: Solar energy, energy, measuring

---

The goal of the thesis was to identify and select the sensor types to be installed in the new Pori swimming hall solar system and also to determine the location of those sensors. The new swimming halls solar system contains new technology so the goal was to get readings of preset values within certain time intervals in order to monitor the system.

The model and the location of the sensors was planned together with the project engineers from Satakunta university of applied sciences and the personnel from Aurubis Finland Oy, former Luvata Pori Oy. The components were chosen based on local conditions and wanted measuring data. Multiple negotiations between all parties were held during the project to ensure the wanted outcome. The project team from Satakunta university of applied sciences got the opportunity to see the Nordic Solar pilot system that was located in the Luvata Pori Oy premises. The system was fully operational including the measuring system designed for the pilot system.

After completing the project, only the PV system has been made fully operational due to some warranty issues with non-solar HVAC-components. The PV system has produced nearly as much as the forecast told so from those parts the project has been successful. The first full year when all the solar systems are operational will be the year 2014. First results from the solar thermal systems are already available and they look promising.

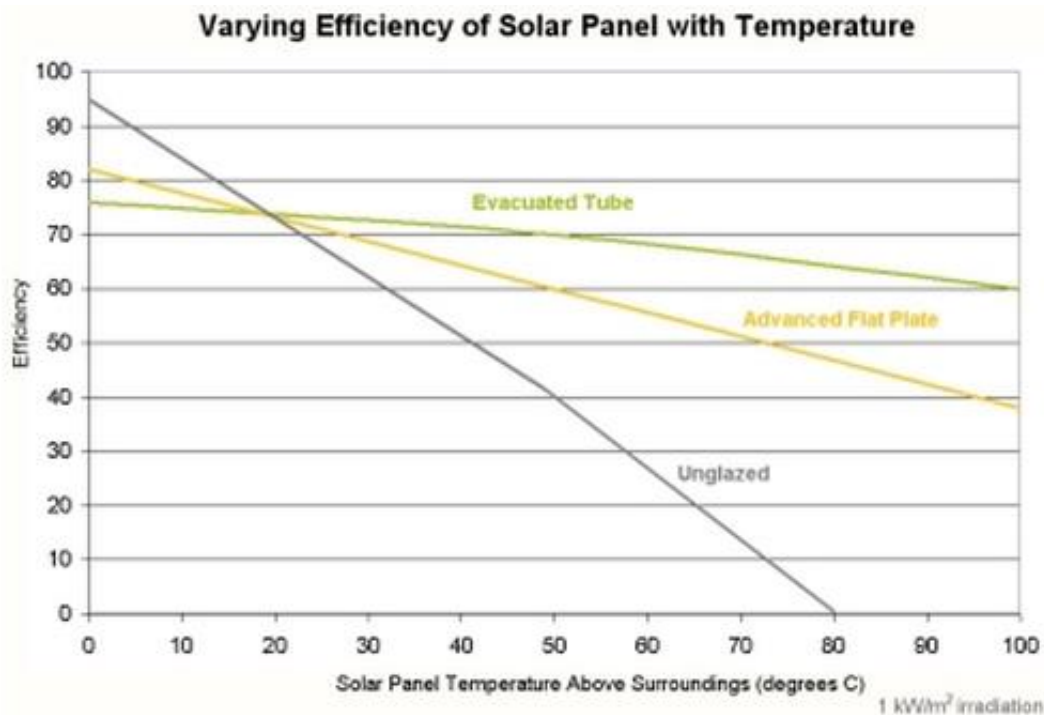
## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Opinnäytetyön tausta, tavoitteet ja rajaus .....	7
2	PORIN UUSI UIMAHALLI .....	8
2.1	Aurinkoenergiajärjestelmien suunnittelu .....	8
2.2	Uimahallin varustelu ja tilat.....	8
2.3	Uimahallin tekniikka.....	9
3	AURINKOENERGIATEKNOLOGIAT JA NIIDEN MARKKINAKEHITYS .....	10
3.1	Aurinkoenergia .....	10
3.2	Aurinkosähkö.....	11
3.3	Keskittävät termiset aurinkovoimalaitokset.....	12
3.4	Aurinkolämpö .....	12
3.5	Aurinkolämpöjärjestelmän osat .....	13
3.6	Aurinkoenergiateknologioiden markkinakehitys.....	14
4	UIMAHALLIN AURINKOLÄMPÖJÄRJESTELMÄ.....	17
4.1	Uimahallin aurinkolämpötekniikka .....	17
4.1.1	Nordic Solar .....	17
4.1.2	Tasokeräimet .....	19
5	ANTUROINTI .....	21
5.1	Aurinkolämpöjärjestelmän anturit .....	21
5.1.1	Lämpötila-anturi.....	21
5.1.2	Säteilyanturi .....	22
5.1.3	Sääasema .....	22
5.2	Anturoinnin asemointi .....	23
6	YHTEENVETO .....	25
	LÄHTEET.....	26
	LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

Uusiutuvien energiamuotojen kysynnän kasvu on ohittanut kaikki sille asetetut rajapyykit ja ennustukset. Euroopan Unionin 20/20/20- tavoitteet velvoittavat kaikkia jäsenmaita pienentämään kasvihuonekaasujen päästöjään 20 prosenttia vuoteen 2020 mennessä vuoden 1990 arvoista. Samalla tavoitteena on lisätä uusiutuvien energiamuotojen osuus 20 prosenttiin EU:n energian loppukulutuksesta, sekä kasvattaa liikenteessä käytettävien biopolttoaineiden osuus 10%:iin. Viimeisenä 20/20/20- tavoitteisiin kuuluu EU-alueen energiatehokkuuden parantaminen 20%:lla /1/

Aurinkolämpöjärjestelmiä on kehitetty kohti parempia hyötysuhteita, jotta mahdollisimman paljon maahan saapuvasta säteilystä saataisiin talteen.



Kuva 1. Aurinkolämpöjärjestelmien hyötysuhteet /30/

Aurinkolämpötekniikan hyödyntäminen Suomessa on haasteellista talvikuukausien aikana, jolloin myös lämmöntarve on suurimmillaan. Tuolloin hyvänkin hyötysuhteen omaavat aurinkolämpöjärjestelmät eivät toimi. Tästä johtuen Suomen aurinkolämmönsaataavuus rajoittuu kesäaikaan, joten markkinat ovat luonnollisesti Keski-Eurooppaa pienemmät.

Aurinkosähköjärjestelmissä on aurinkolämpöjärjestelmiin verrattaessa huono hyötysuhde. Tällä hetkellä vallitsevin aurinkokennomateriaali on monikiteinen Si (mc-Si) ja siitä valmistettujen kaupallisten paneelien hyötysuhteet ovat normaalisti n.80% Yksikiteisten paneelien hyötysuhteista /31/. Yksikiteisen Si:n (sc-Si) hyötysuhteet ovat 25%:n luokkaa. /32/ Amorfisesta Si:stä valmistetut kennot edustavat ohutkalvoteknologiaa ja ovat hyötysuhteeltaan vain noin puolet yksikiteiden hyötysuhteesta /31/. Selvästi omaksi kehityksen haarakseen ovat erkaantuneet niin sanotut rakenteeseen integroitavat aurinkoenergiajärjestelmät. Näiden järjestelmien tarkoitus on täyttää energiankeruun ohella myös toinen tehtävä. Tällaista järjestelmää voidaan käyttää esimerkiksi korvaamaan seinä, ikkuna tai katemateriaali. Sitä voidaan käyttää esimerkiksi ääniesteena tai koriste-elementtinä.

Satakunnassa ja Länsi-Suomessa laajemmalti on monia jo kansainvälisillä aurinkoenergiamarkkinoilla joko suoraan tai välillisesti toimivia yrityksiä. Uusi uimahalli on suomalaisessa mittakaavassa tärkeä referenssikohde ja Porin kaupungin toteuttamana hankkeena esimerkillinen osoitus tahdosta tukea alueen alalla toimivia yrityksiä ja oppilaitoksia niiden harjoittamassa TKI-työssä.

### 1.1 Opinnäytetyön tausta, tavoitteet ja rajaus

Satakunnan ammattikorkeakoulu vastaa uimahallin kolmen aurinkoenergiajärjestelmän seurannasta ja tiedon keruusta, analysoinnista ja julkistamisesta seuraavat viisi vuotta. Jotta Järjestelmästä saatava tieto olisi käyttökelpoista, pitää mittalaitteet ja niiden paikat valita huolella suhteessa mitattavaan järjestelmään sekä ympäristöön. Laitteiden valinnassa pitää ottaa huomioon mm. Mittaustarkkuus, mittausten aikaväli sekä järjestelmän käyttämä tiedonsiirto tapa. Käytettävä mitta- ja ohjausjärjestelmä on etähallittava JDDAC- pohjainen (Java Distributed Data Acquisition and Control) ohjelmistopaketti. JDDAC- pohjaista älykästä ohjaus- ja mittausjärjestelmää kehitetään Satakunnan ammattikorkeakoulussa.

Tässä opinnäytetyössä suunnitellaan toimiva aurinkolämpöjärjestelmien mittaus- ja tiedonkeruujärjestelmä, määritetään tarvittavat anturit ja niiden oikea asemointi, jotta tarvittavaa seurantatietoa saadaan tuotetuksi.

Opinnäytetyö rajattiin koskemaan uimahallin aurinkolämpöjärjestelmien anturoinnin toteuttamista. Lisäksi kartoitettiin antureilta saatavan tiedon mahdollista käyttöä Satakunnan ammattikorkeakoulun opetuksessa.

## 2 PORIN UUSI UIMAHALLI

### 2.1 Aurinkoenergiajärjestelmien suunnittelu

Helmikuussa vuonna 2009 Porin kaupunki otti yhteyttä Luvata Pori Oy:öön, nykyisin osa Aurubis Finland Oy:tä, ja tiedusteli aurinkoenergian hyödyntämismahdollisuuksista uudessa suunnitellussa uimahallissa. Tällöin perusarkkitehtuuri ja tekninen perustoteutus olivat jo selvillä. Useiden luonnosten ja ideointikierrosten jälkeen päädyttiin seuraamaan kolmea suunnitteluperiaatetta. Aurinkoenergiajärjestelmien käyttöikä ja tuotto käyttökuukausien ajalta pitää maksimoida sekä kustannukset minimoida. Aurinkoenergiajärjestelmien suunnittelussa ja mitoituksessa tuli ottaa huomioon, että uimahalli on kesäkuukaudet suljettuna yleisöltä. Lopullisten järjestelmien valinnassa olivat mukana kaikkien eri suunnittelualojen edustajat. /2/

### 2.2 Uimahallin varustelu ja tilat

Uimahallin rakentamisesta aiheutuvien kustannusten lopullinen arvio oli 17,5 M€ (KV:n juhlapäätöksen mukainen, kustannusarvio ei sisältänyt aurinkoenergiajärjestelmien osuutta). Aurinkoenergian kustannusarvioksi arvioitiin 0,6 M€ ja siihen haettiin ELY-keskuksesta investointitukea, jota Teollisuus- ja elinkeinoministeriö (TEM) myönsi 34% aurinkoenergiajärjestelmien investointiarviosta. /3/

Porin uuden uimahallin bruttoala on 9244m<sup>2</sup>. ja sen allasosasto sisältää ison 50m pitkän kansallisen tason harjoitus- ja kilpailu altaan, sekä kilpauinnille että vesipallolle. Katsomotilat sijaitsevat altaan vieressä pituus suunnassa. Lisäksi uimahallista löytyy neljä metriä syvä hyppyallas joka on kooltaan 150m<sup>2</sup>. Allas toimii uppopallon sekä uimahyppyjen harjoituspaikkana. Erikoisempia uimahallista löytyviä altaita ovat



monitoimiallas 240 m<sup>2</sup>, tenava-allas 35 m<sup>2</sup>, kylmäallas 8 m<sup>2</sup> ja poreallas n.4 m<sup>2</sup>. Allasosastolle on myös sijoitettu vesiliukumäki joka sijaitsee osittain uimahallin ulkopuolella. /3/

Hallin sisältämät pukutilat sisältävät WC- tiloja ja erilliset invalidien pesu- ja pukutilat. Saunoja on kaksi sekä miehille, että naisille. Lisäksi on molemmille höyrysauna. Hallissa on kaksi invalidiosastoa, joissa molemmissa on myös sauna. Aulassa on kahvio, joka ulottuu myös toiseen kerrokseen. Hallin kellarissa on kuntosali sekä hierontatilat. /3/

Työt kohteessa alkoivat lokakuussa 2010 ja alkuperäisen aikataulun mukaan töiden tuli olla valmiina kesällä 2011 koekäyttöä varten. Tästä aikataulusta työmaa myöhästyi hieman, mutta halli otettiin käyttöön Porin Päivänä 24.09.2011. /3/

### 2.3 Uimahallin tekniikka

Porin uusi uimahalli on Suomen ensimmäinen aurinkoenergiaa hyödyntävä uimahalli. Porin uimahallihankkeessa yhdistyvät uusin teknologia, uusiutuvien energiatekniologioiden kehittäminen ja niiden integraatio rakennettuun ympäristöön, tutkimus ja innovaatiot sekä tulevien alan osaajien koulutus. Uimahalli saa energiansa usean järjestelmän yhteistoiminnalla. Uimahallin tilojen suunnittelussa on pyritty ottamaan huomioon tehokas tilojen ja allasvesien energiansäästö, energian talteenotto sekä tapa, jolla energia tuotetaan. Täysin uutena julkisten tilojen energiaratkaisuna uimahallin sähköntuottoon on suunniteltu aurinkoenergiaa hyödyntävät aurinkopaneelit ja aurinkokeräimet allasvesien lämmitykseen. Vaikka ratkaisuilla ei korvata kuin osa hallin kaukolämmön- ja sähköenergian tarpeesta, edustaa Porin uimahalli kuitenkin uutta lähestymistapaa Suomen kaupunkien aloittamissa toimissa ilmastomuutosta vastaan. /3/

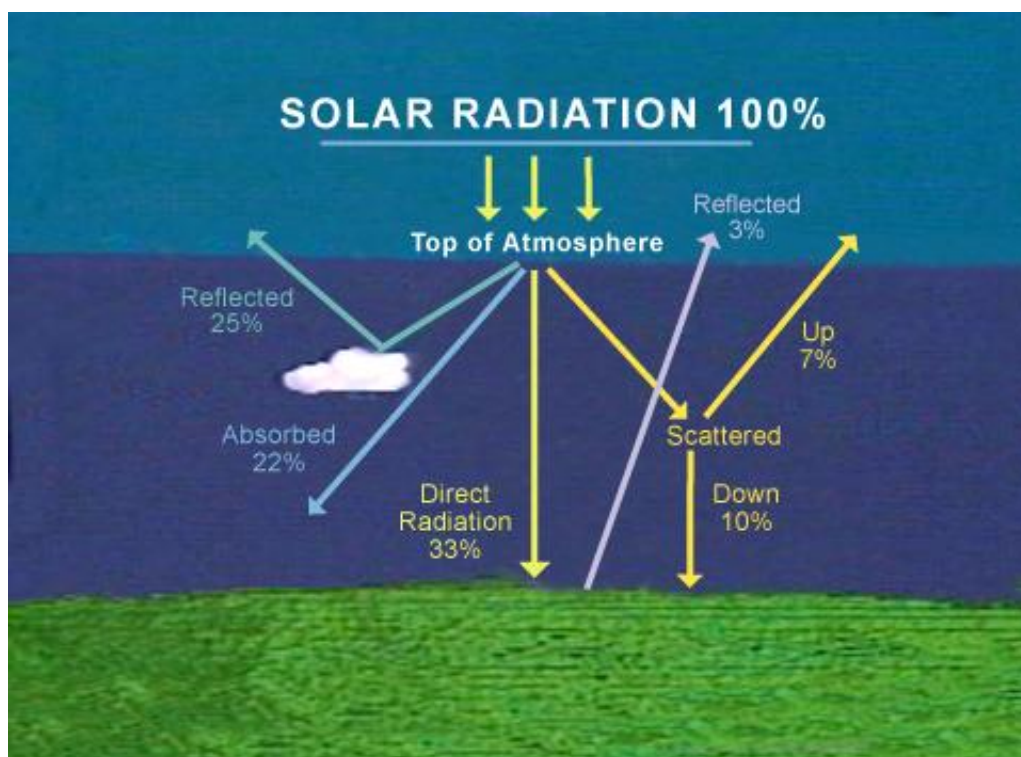
Porin kaupunki on hankkeellaan edelläkävijä, sillä tuleva aurinkoenergiaratkaisu on maan ensimmäinen uimahalliin tehty aurinkoenergiainvestointi. Kesäaikaan perinteisesti suljettuna pidettävässä uimahallissa aurinkoenergia ylläpitää hallin perustoimin-

toja. Uimahallin toiminta-aikoina aurinkoenergia on allasveden lämmityksessä ja sähkökulutuksessa käytettävä täydentävä energiajärjestelmä. /3/

### 3 AURINKOENERGIATEKNOLOGIAT JA NIIDEN MARKKINAKEHITYS

#### 3.1 Aurinkoenergia

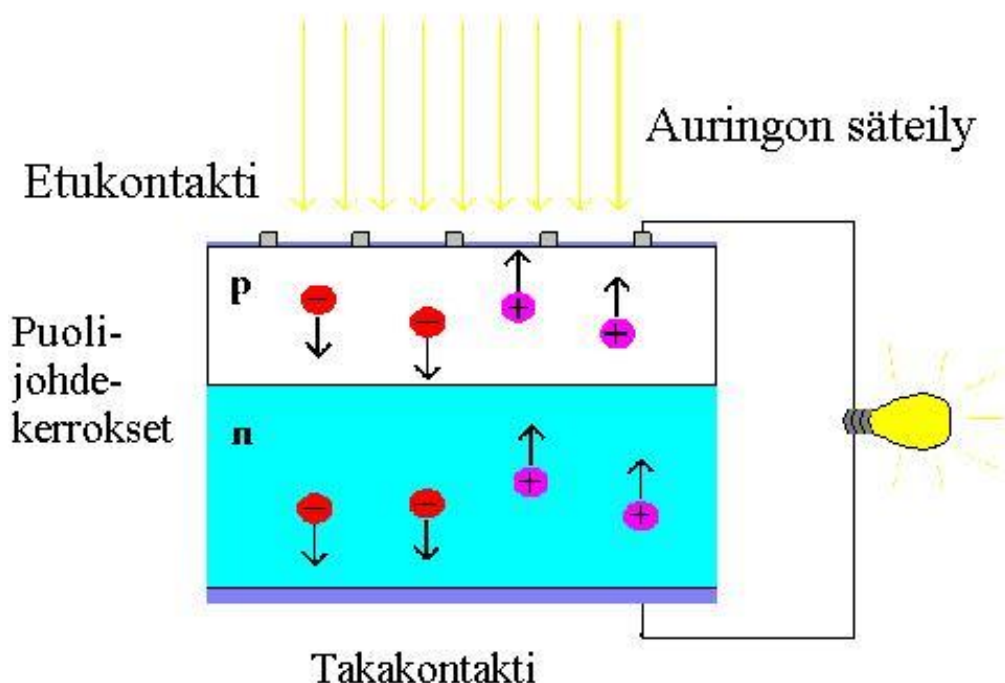
Auringosta maahan saapuvan säteilyn määrä on suuri. Se kattaa n.50 000 kertaa maapallon nykyisen sähköntuotannon. Säteilyn teho pinta-alaan nähden on kuitenkin suhteellisen pieni. Kirkkaana päivänä yhden neliökilometrin alueelle osuu noin 1kW suuruinen teho auringon säteilyä. Tämä selittää suurien aurinkoenergiavoimalaitosten suuren maa-alan tarpeen. /4/



Kuva 2. Auringon säteilyn jakautuminen /5/

### 3.2 Aurinkosähkö

Aurinkoenergiesovellukset jaetaan yleensä kahteen luokkaan, lämpöä ja sähköä tuotaviin. Auringon säteily voidaan muuttaa sähköksi valosähköisen ilmiön avulla toimivissa aurinkokennoissa. /4/ Aurinkosähköjärjestelmä koostuu aurinkosähköpaneeleista, ohjausyksiköstä eli lataussäätimestä sekä akustosta. Markkinoilla olevista aurinkopaneeleista n.75% on valmistettu kiteisestä piistä. On olemassa myös muita kennomateriaaleja, kuten nykyisin ohutkalvomarkkinoita hallitseva CIGS- yhdistemateriaali. Perusyksiköitä sarjaan tai rinnan kytkemällä saadaan teholtaan halutun kokoinen aurinkopaneelisto. Aurinkopaneelin ainoa tarkoitus on muuttaa auringon säteily sähköenergiaksi, joka siirretään johtimia pitkin sähkölaitteen käyttöön tai varastoidaan 12 V:n akustoon. Aurinkopaneelin ja akuston välissä sijaitsee ohjausyksikkö joka säätelee akun latautumista ja purkamista. Jos järjestelmään kytketään vielä vaihtosuuntaaja (invertteri), voidaan aurinkosähköä käyttää myös 230 voltin sähkölaitteisiin. /6/ Nykyisin myös Suomessa mikrojärjestelmät saa liittää kantaverkkoon, jolloin ylijäämänsähköä voi syöttää sinne. Syöttötariffia Suomessa ei ole, mutta monet energiayhtiöt maksavat omille asiakkailleen korvausta syötetystä sähköstä.



Kuva 3. Aurinkokennon toimintaperiaate /7/

### 3.3 Keskittävät termiset aurinkovoimalaitokset

Aurinkosähköä voidaan tuottaa myös niin sanotuissa termisissä aurinkovoimaloissa. Näissä voimaloissa on usein laaja kenttä, joka on peitetty auringon säteilyä voimakkaasti keskittävillä peileillä. Peilit suunnataan samaan polttopisteeseen ja syntyvällä lämmöllä saadaan aikaiseksi höyryä höyryturbiiniin. Turbiinin pyörimisestä syntyvällä energialla tehdään edelleen sähköä. /4/



Kuva 4. SolarReserven voimalaitos Nevadassa /8/.

### 3.4 Aurinkolämpö

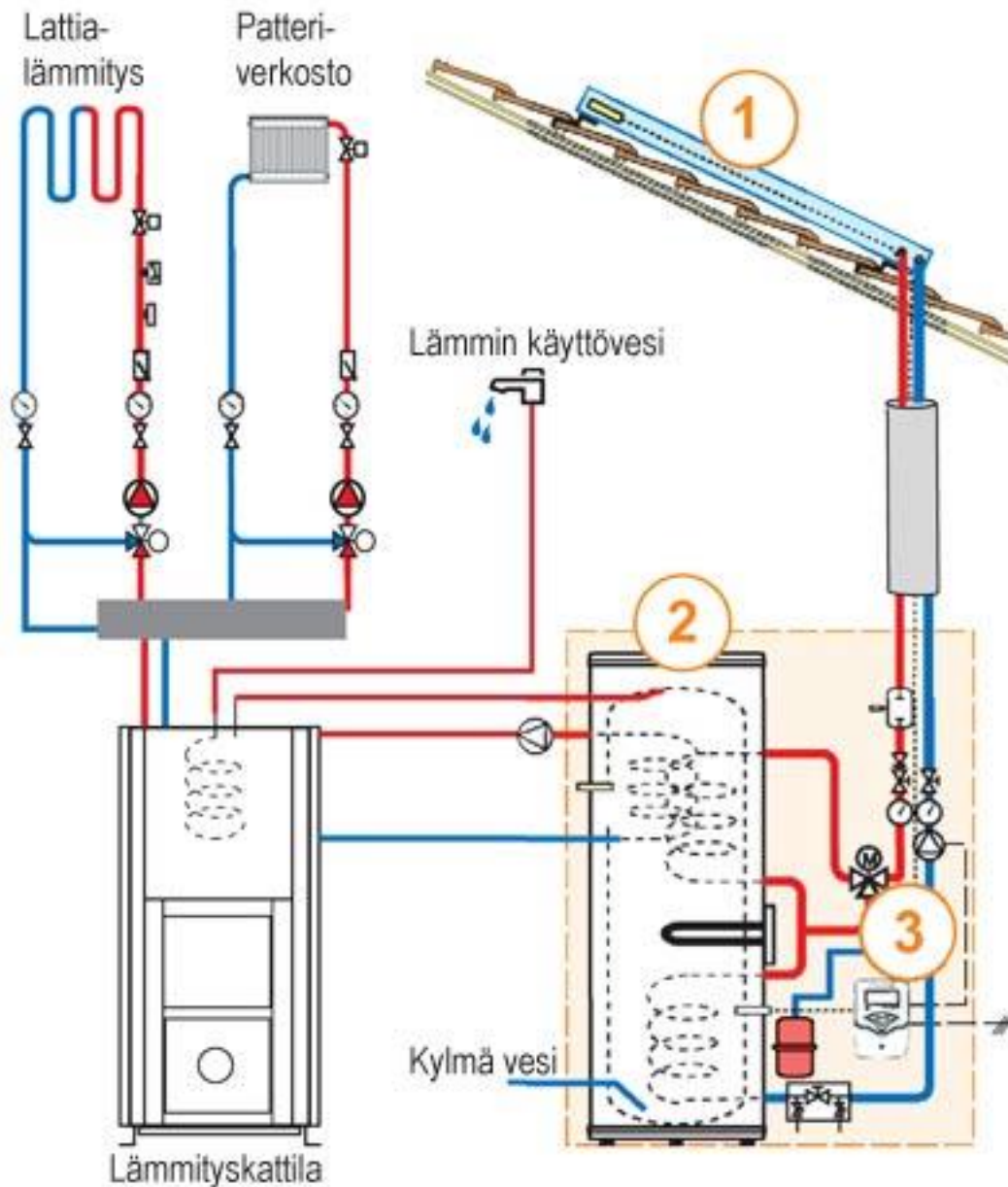
Aurinkolämpöä voidaan hyödyntää kahdella eri tavalla, aktiivisesti tai passiivisesti. Passiivisesta aurinkolämmöstä puhutaan silloin kun auringon lämpöenergiaa varataan rakennukseen sen erityisellä sijoituksella, suuntauksella ja rakenteellisilla ratkaisuilta. Aktiivisesti lämpöä kerätään tarkoitukseen suunnitelluilla keräimillä tai varastoidaan myöhempää käyttöä varten erityisiin energia varaajiin. /4/

Suomen olosuhteissa voidaan neliometriä kohden tuottaa vuodessa 25-asteista vettä 400-600 kWh:n edestä tai 50-asteista vettä 150-350 kWh:n edestä. Yleisesti omakotitalossa puolet vuotuisesta lämpimän veden kulutuksesta voidaan kattaa 5-8 m<sup>2</sup>:n keräinpinta-alalla. Huonetilaa lämmitettäessä vaadittava keräinala on 10-12 m<sup>2</sup>. Aurin-

kolämpöjärjestelmässä lämpö kerätään aurinkokeräimillä talteen joko nesteeseen tai ilmaan, josta se siirretään putken kautta varaajaan. Suuremmissa kohteissa, joissa varaajaa ei tarvita, voidaan auringosta saatu lämpö johtaa suoraan lämmönvaihtimelle ja edelleen käyttöön. Auringosta saadun energian suuruus riippuu asennetun järjestelmän mitoituksesta. /4/

### 3.5 Aurinkolämpöjärjestelmän osat

Yleisin keräinmalli on nestekiertoinen tasokeräin, jossa auringonsäteily lämmittää mustaa absorptiolevyä. Absorptiolevy on yleensä pinnoitettu selektiivisellä pinnoitteella ja katettu selektiivisellä lasilla. /4/ Perinteiseen aurinkolämpöjärjestelmään kuuluvat aurinkokeräin, varaaja, lämmönvaihdin, putkisto, pumppuyksikkö ja säädin. Perinteisessä aurinkokeräinjärjestelmässä auringon energia kerätään talteen järjestelmässä kiertävään nesteeseen, joka on ympärivuotisessa sovellutuksessa vesiglykoliseos. Lämmennyt neste johdetaan pumpun avustuksella ja säätimen ohjauksella varaajaan odottamaan tulevaa käyttöä. /9/



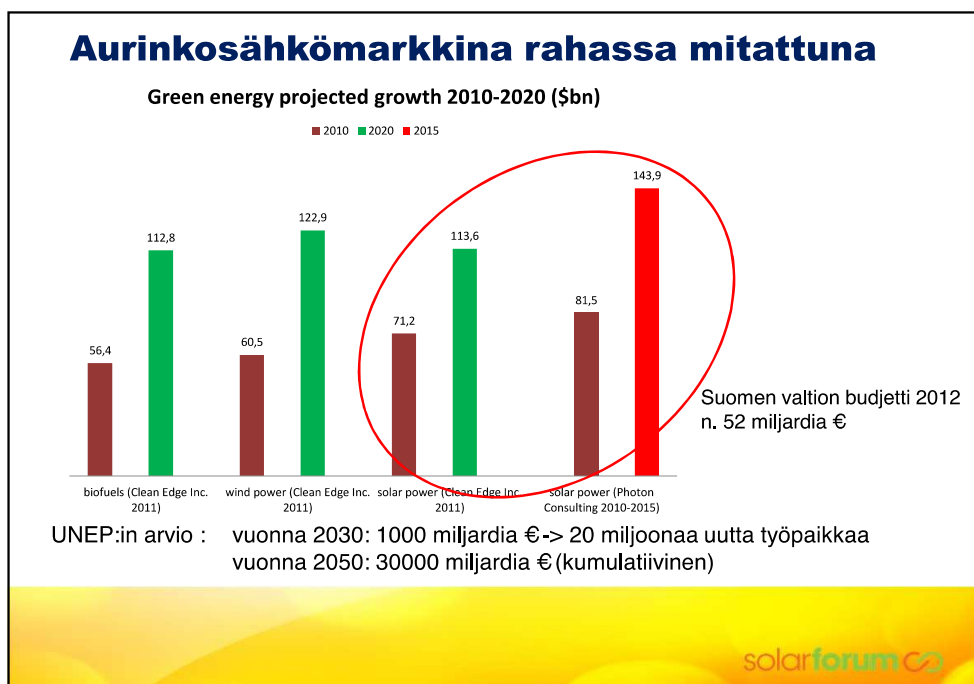
Kuva 5. Aurinkolämmitysjärjestelmän osat. /10/

### 3.6 Aurinkoenergiatekniologioiden markkinakehitys

Maailmaa nykypäivänä pyörittävät fossiiliset polttoaineet tulevat loppumaan tulevaisuudessa. Niiden loppumiseen on varauduttava ja kehitettävä tapoja käyttää tehokkaasti hyväksi uusiutuvia energialähteitä. Auringosta välittyvä maapallolle valtava määrä energiaa jatkuvalla syötöllä, joka tekee aurinkoenergiasta yhden varteenotettavimmista vaihtoehdoista korvaamaan fossiilisia polttoaineita.

On arvioitu että fossiilisista polttoaineista uraani loppuu n.29 vuoden kuluttua, öljy 43 vuoden kuluttua, kaasu 67 vuoden kuluttua ja hiili 187 vuoden kuluttua. /11/ Arvioiden mukaan vuoteen 2050 mennessä aurinkosähkön osuus koko maailman sähköntuotannosta on 20-25%. /12/ Noin 50% EU:ssa tuotetusta lämpöenergiasta on mahdollista tuottaa aurinkolämpösovelluksilla./13/

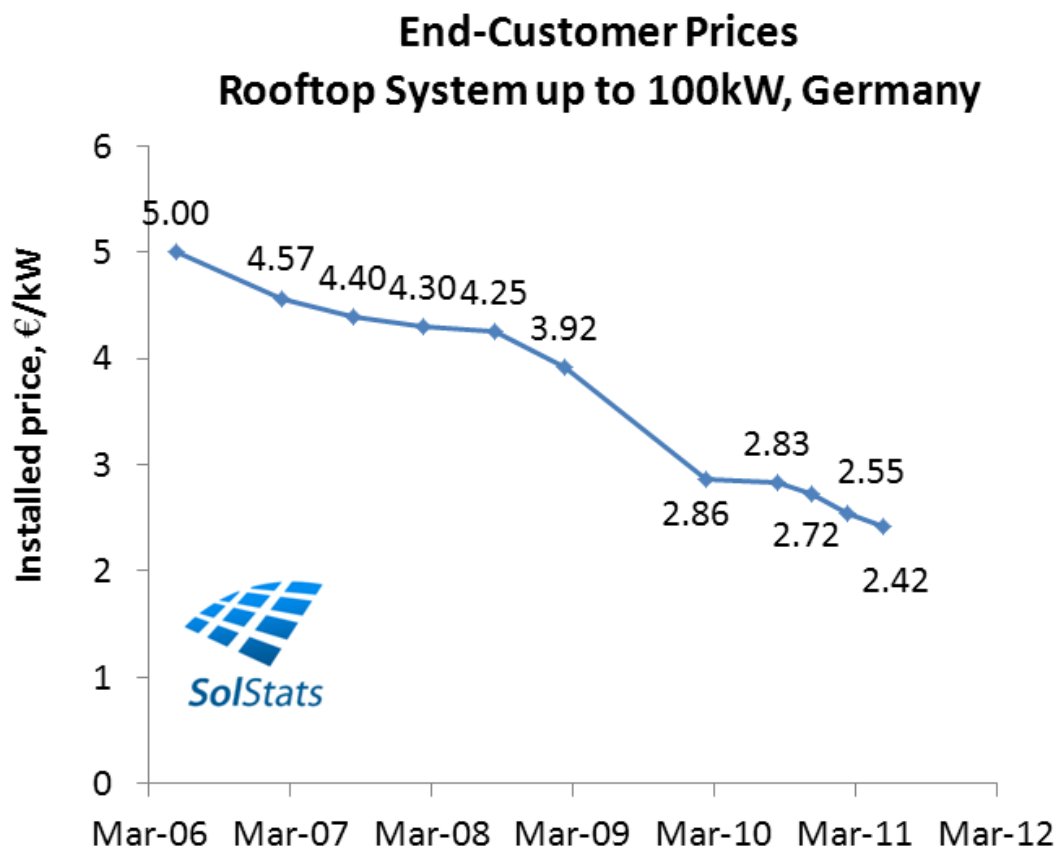
Aurinkosähkömarkkinoiden arvo vuonna 2010 oli n.82 USD bn. Vuonna 2015 samojen markkinoiden arvo tulee olemaan n.144 \$bn. /14/



Kuva 6. Aurinkosähkömarkkina rahassa mitattuna. /14/

Auringosta sähköä tuottavien paneelien hintakehitys on ollut selvässä laskussa viimeisen kuuden vuoden ajan. Vuoden 2006 jälkeen kuluttajamarkkinoille suunnattujen aurinkokennojen kokonaisratkaisuiden markkinahinnat ovat pudonneet n.50%. /15/

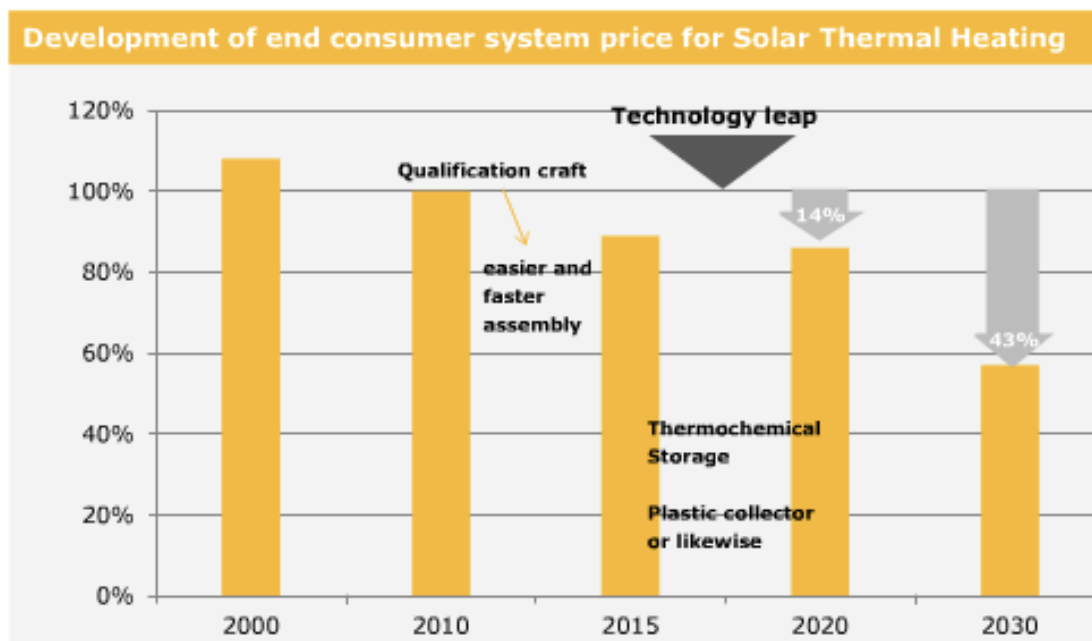




Kuva 7. Aurinkokennon asennusyksikön hintakehitys Saksassa vuodesta 2006. /16/

Aurinkolämmön osalta markkinahinnat ovat myös pudonneet. Tulevaisuudelta voidaan odottaa n.14%:n hintojen alenemaa vuoteen 2020 mennessä ja jopa 43%:n alenemaa vuoteen 2030 mennessä. Hintojen laskun mahdollistaa teknologian vauhdikas kehittyminen sekä helpommat ja nopeammat asennustavat. /17/





Kuva 8. Aurinkolämpöjärjestelmien arvioitu hintakehitys vuoteen 2030 mennessä.

/18/

## 4 UIMAHALLIN AURINKOLÄMPÖJÄRJESTELMÄ

### 4.1 Uimahallin aurinkolämpötekniikka

Uimahallissa käytetään aurinkolämmön keräämiseen kahta erillistä järjestelmää. Järjestelmät toimivat toisistaan riippumatta, mutta palvelevat samaa tarkoitusta. Auringosta saatava lämpö johdetaan lämmönvaihtimien kautta allasvesikiertoon siten, että auringosta saatava lämpö lämmittää kylmäaltaalta tulevan veden ennen kuin se johdetaan muihin altaisiin.

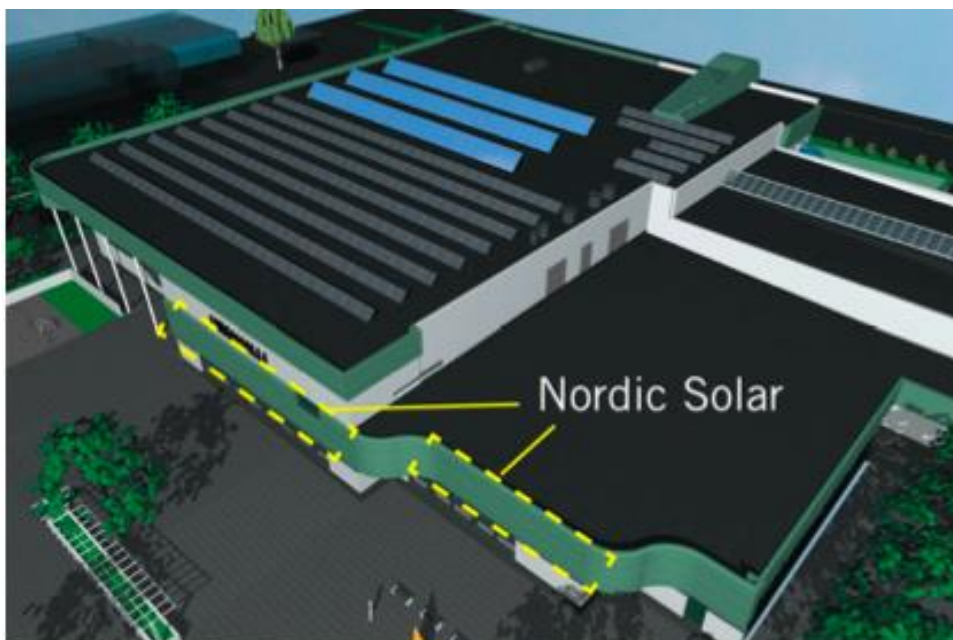
#### 4.1.1 Nordic Solar

Nordic Solar on Aurubis Finland Oy:n kehittämä, aurinkoenergiaa keräävä järjestelmä. Nordic Solar on suunniteltu keräämään auringosta saatavaa lämpöenergiaa suurella pinta-alalla ja pienellä lämpötilaerolla. Lämpötilaeron ollessa pieni voidaan järjestelmän läpi johtaa enemmän nestettä suuremmalla virtausnopeudella, jonka ansi-

osta Nordic Solar:lla voidaan lämmittää suuria vesimassoja muutamalla asteella. Uimahalli on erinomainen kohde tälle järjestelmälle, sillä uimahallin putkistossa kiertää suuria määriä lämmitettävää allasvettä vuorokauden ympäri.

Nordic Solar on suunniteltu sulautumaan Aurubis Finland:in esipatinoituun julkisivupaneelijärjestelmään. Nordic Solar lisää lämmönkeräysputkiston rakennuksen julkisivun panelointiin ja siten kerää talteen auringon lämpösäteilyn rakennuksen pystysuorilta pinnoilta. Auringosta saatava lämpö voidaan johtaa rakennuksen lämmitysjärjestelmään tai muuhun käyttöön keräysputkistossa kulkevan nesteen välityksellä. Keräysjärjestelmän tavoitteena on täysintegrointi seinärakenteeseen ulospäin näkyvämmänä menettämättä tehoaan aurinkokeräimenä. /19/

Nordic Solar järjestelmän paneelit valmistetaan kuparilevyistä, sillä kuparilla on erinomaiset lämmönsiirto-ominaisuudet. Paneeleita on saatavilla montaa eri väriä patinoidusta vihreästä kuparista aina sinisen ja ruskean sävyihin. Kuparin patinoinnilla saadaan aikaiseksi tasainen tumma pinta, joka kerää auringon lämpösäteilyä huomattavasti paremmin kuin käsittelemätön kuparipinta. Kupari on myös erittäin pitkäikäinen pintaratkaisu, sillä se kestää korroosiota erittäin hyvin. /19/



Kuva 9. Nordic Solar /20/

#### 4.1.2 Tasokeräimet

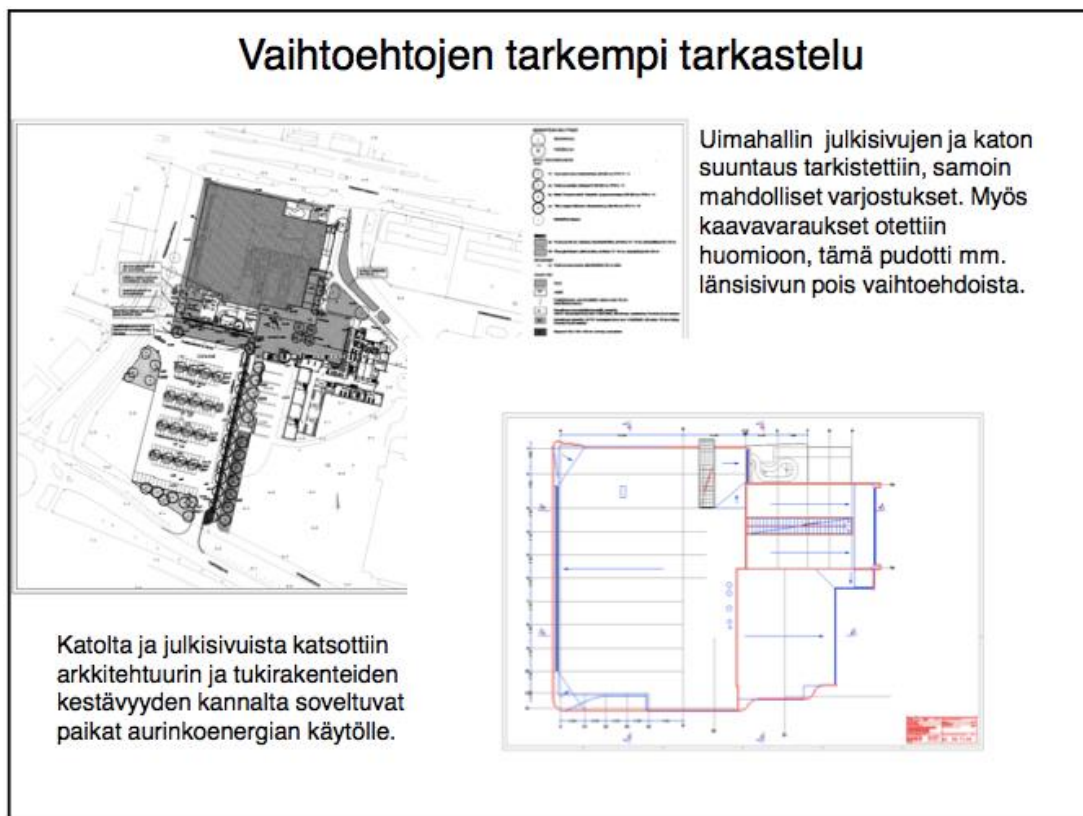
Toinen auringosta saatavaa lämpöenergiaa keräävä järjestelmä Porin uimahallilla on nestekiertoinen tasokeräinjärjestelmä. Samoin kuin Nordic Solar järjestelmässä keräimessä lämmennyt neste siirtää lämmön rakennuksen sisälle muuhun käyttöön. /21/



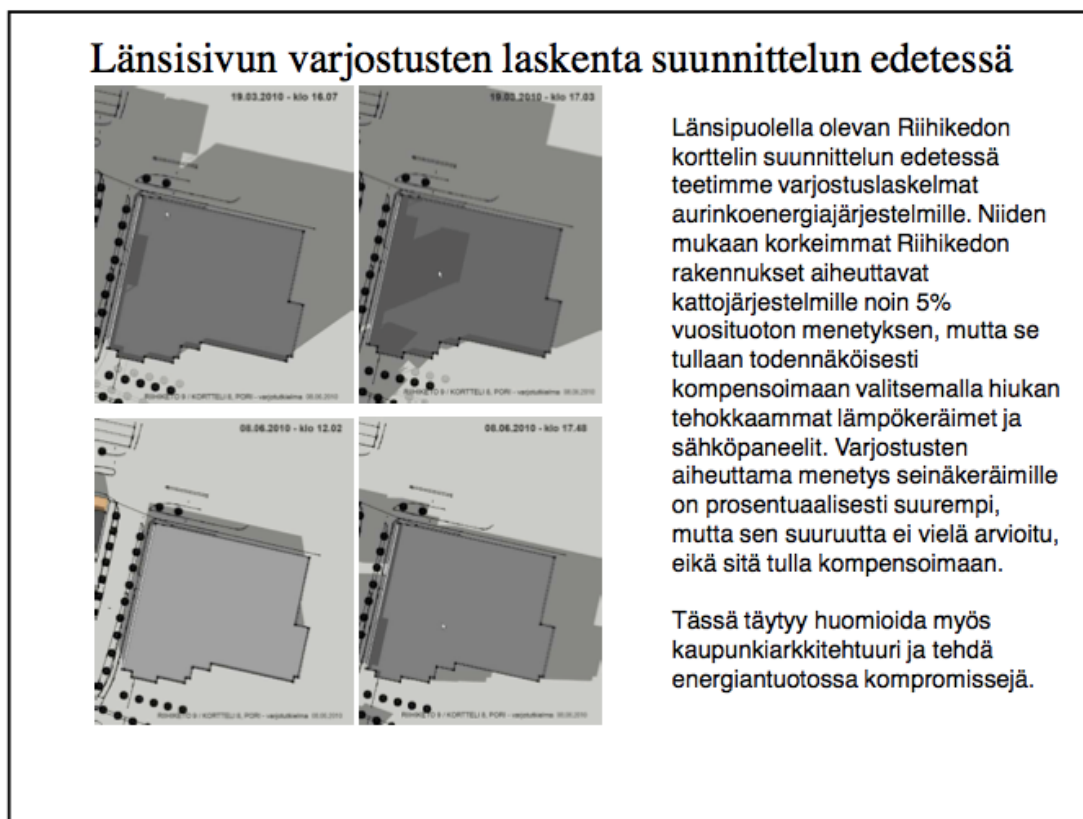
Kuva 10. Tasokeräimen rakenne. /22/

Aurinkokeräimen suunnittelussa, suuntauksessa ja sijoittelussa tähdätään siihen, että mahdollisimman suuri osa auringosta saatavasta lämpösäteilystä saataisiin kerättyä talteen. Kerääjillä kerätyn lämpöenergian määrä on täysin riippuvainen kerääjien pinta-alaan nähden. Kaiken tulisi olla oikeassa suhteessa myös rakennuksen lämmöntarpeeseen nähden. /21/

Porin uimahallin tasokeräimet on sijoitettu hallin katolle yhtenäiseksi kentäksi. Kentän paikka ja suunta on valittu niin että siihen ei lankea auringosta saatavan energian määrää huomattavasti vähentäviä varjoja esimerkiksi muista rakennuksista ja puustosta. Aurinkokeräinten ja -paneelien sijoittelussa otettiin huomioon myös ympäröivä asemakaava. Tällöin voitiin varmistua että tulevaisuudessa rakennettavista naapurirakennuksista ei tulisi liian korkeita, jotta ne haittaisivat uimahallin aurinkoenergia-sovellusten toimintaa.



Kuva 11. Uimahallin aurinkoenergiajärjestelmien suunnittelua. /23/



Kuva 12. Aurinkoenergiajärjestelmien varjostusten laskenta. /24/



Kuva 13. Porin uimahallin tasokeräimiä. Kuva Nico Haavisto.

## 5 ANTUROINTI

### 5.1 Aurinkolämpöjärjestelmän anturit

Porin uimahallin aurinkojärjestelmien mittausjärjestelmä koostuu lämpötila- ja säteilyantureista, sääasemasta ja pyranometreista. Lämpötila-antureiksi valikoitui yleisimmin käytetty vastusanturi Pt100. Säteilysanturit eli pyranometrit ovat Kipp&Zonen mallia CMP3. Järjestelmä sisältää kokonaisuudessaan kolme pyranometria. Sääasemaksi valittiin Vaisala WXT520.

#### 5.1.1 Lämpötila-anturi

Uimahallin aurinkojärjestelmien mittausjärjestelmä sisältää useita lämpötila-antureita joilla voidaan mitata nesteen lämpötilaa kierron kaikissa vaiheissa. Kaikki lämpötila-

anturit ovat mallia Pt100. Pt100-anturi on vastusanturi, jonka vastus muuttuu lämpötilan muuttuessa lähes lineaarisesti. Anturin materiaalina käytetään yleisesti Platinaa. Platinan resistanssi  $100\Omega$  vastaa lämpötilaa  $0^{\circ}\text{C}$ . Anturin vastuksen vaihteluvälinä on yleisesti käytetty  $10\Omega - 1000\Omega$ . Suurin ero Pt100-anturin ja Pt1000-anturin välillä on mittaustarkkuus. Pt1000-anturilla saavutetaan tarkempia mittausrvoja, kun taas toisaalta Pt1000-anturi menettää tarkkuuttaan vuoden aikana huomattavasti enemmän kuin Pt100-anturi. Pt100-anturin paras ominaisuus onkin mittaustarkkuuden säilyttäminen, se menettää tarkkuuttaan vuoden aikana vain  $n.0,2\Omega/0^{\circ}\text{C}$ . /25/

### 5.1.2 Säteilianturi

Säteilianturina eli Pyranometrillä käytettiin Kipp & Zone:n CMP3 mallimerkinnän omaavaa anturia. CMP3-anturi mittaa auringosta maahan osuvaa lyhytaaltoista säteilyä. Anturi mittaa saapuvaa säteilyä kolmiulotteisesta tilasta puolipallon muotoiselta alueelta. CMP3-anturin mittausalue on  $180^{\circ}$ :n laajuinen. Anturin välittämä mittausrvo kertoo säteilyn voimakkuuden yksikössä  $\text{W}/\text{m}^2$ . CMP3-anturi kykenee mittaamaan aallonpituuksia  $300\text{nm}$ :sta aina  $2800\text{nm}$ :een asti. /26/

Uimahallille asennettiin kolme pyranometriä vierekkäin. Yksi antureista asennettiin  $45^{\circ}$ :n kulmaan kuten katolla sijaitsevat lämpökeräimet. Toinen asennettiin vaakasuoraan ja kolmas  $30^{\circ}$ :n kulmaan kuten katolla sijaitsevat sähköpaneelit.

### 5.1.3 Sääasema

Lämpötilaa, tuulen suuntaa ja nopeutta, sekä sadekertymää mitataan Vaisalan WXT520 sääasemalla. WXT520 mittaa tuulennopeutta välillä  $0-60\text{m}/\text{s}$ , sekä suuntaa  $360^{\circ}$ :n laajuudelta. Sademäärää anturi mittaa kumulatiivisena kertymänä edellisen automaattisen tai manuaalisen nollauksen jälkeen. Sademäärän mittaustarkkuus on  $0,01\text{mm}$ . Sateen keston anturi mittaa kertymänä jokaiselta kymmeneltä sekunnilta pisarahavainnon jälkeen. Sateen voimakkuuden anturi mittaa keskiarvona minuutissa kymmenen sekunnin välein. Mittausalue on  $0-200\text{mm}/\text{h}$  ja mittaustarkkuus  $0,1\text{mm}/\text{h}$ . Ilmanpaineen anturi mittaa alueella  $600-1100\text{hPa}$ . Mittaustarkkuus on  $n. \pm 0,5\text{hPa}$ .



Ilman lämpötilan mittausalue on  $-52^{\circ}\text{C} - +60^{\circ}\text{C}$ . Ilman suhteellisen kosteuden mittausalue on 0-100% RH. /27/

## 5.2 Anturoinnin asemointi

Anturointi suunniteltiin niin että mahdollisimman paljon käyttökelpoista tietoa järjestelmän toiminnasta saataisiin talteen. Uimahallin aurinkolämpöjärjestelmien anturoinnit on esitetty liitteessä 1. Erittäin tärkeänä pidettiin sekä itse aurinkoenergiajärjestelmästä että aurinkoenergiajärjestelmän ja kaukolämpöjärjestelmän integroinnista saatavaa tietoa. Seinäkeräinjärjestelmä on jaettu kolmeen keräinkenttään, jokaisen kentän lämpötilaa valvotaan erikseen (anturinumeroilla TE9-TE12). Kaikilta kolmelta seinäkeräinkentältä saadaan myös virtaamatieto (vesimittareilla VM3-VM5). Kattokeräinjärjestelmä on jaettu neljään keräinkenttään, myös kattokeräinjärjestelmän jokaisen kentän lämpötilaa valvotaan erikseen. Jokaiselta keräinkentältä saadaan reaaliaikaista lämpötila- ja virtaustietoa sekä meno- että paluuvedestä. Näistä tiedoista saatiin selville kunkin keräinkentän tuottaman energian määrän.

Kenttään kohdistuva lämpöteho voidaan laskea kaavalla:

$$q = q_m \cdot c_p \cdot \Delta t$$

$q$  = Auringosta saatava lämpöteho

$q_m$  = Aurinkokeräinkentässä virtaavan aineen massavirta tietyssä ajanhetkenä

$c_p$  = aurinkokeräinkentässä virtaavan aineen ominaislämpökapasiteetti

$\Delta t$  = Tietyssä keräinkentässä tapahtuva lämpötilan muutos

Lämpötila- ja virtausmittareita asennettiin myös seinäkeräinjärjestelmän lämmönsiirtimen molemmiin puolin (TE5-TE8). Antureita T5 ja T6 käyttämällä saadaan lasketua seinäkeräinjärjestelmästä kylmäallaskiertoon saatava todellinen lämpötehon määrä käyttämällä kaavaa:

$$q = q_m \cdot c_p \cdot \Delta t$$

$q$  = Auringosta saatava lämpöteho

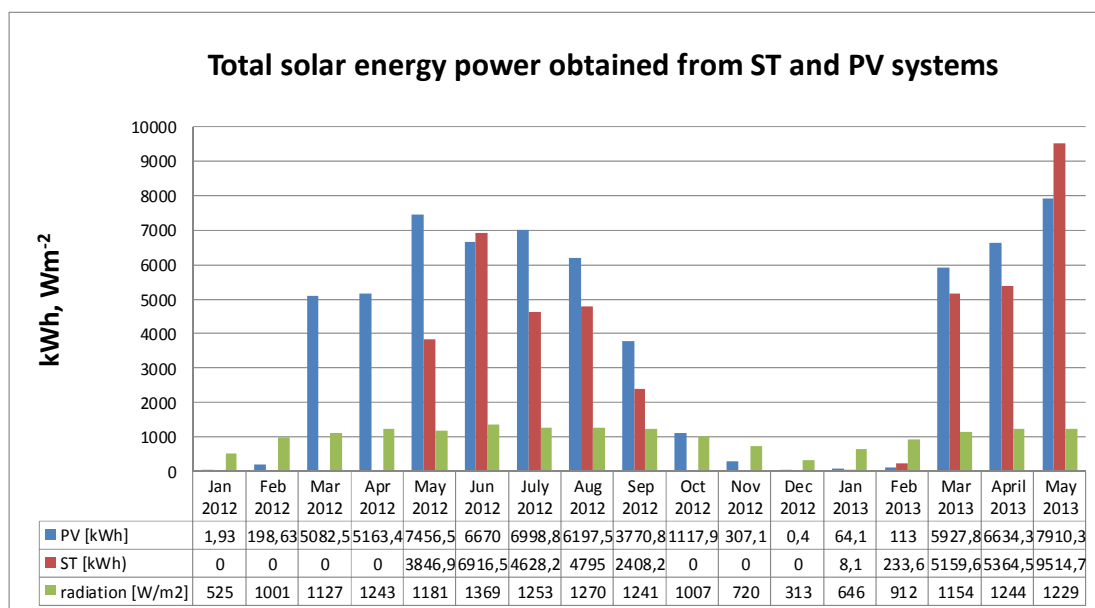
$q_m$  = Uima-allaskierrossa virtaavan aineen massavirta tietyssä ajanhetkenä

$c_p$  = Uima-allaskierrossa virtaavan aineen ominaislämpökapasiteetti

$\Delta t$  = Tietyssä keräinkentässä tapahtuva lämpötilan muutos

Jos venttiili 'X' on suljettuna, saadaan virtaamatieto LS2:n yli laskettua virtausmittareiden I21 ja I22 erotuksesta. Jos venttiili 'X' on avoinna pitää lämmönsiirtimen virtaama laskea käyttäen MS2 venttiilin avausta ja siitä saatavaa virtaama-arvoa.

Uimahallin aurinkolämpöjärjestelmistä on saatu mittaustietoa vuoden 2012 toukuusta alkaen. Mittauksista näkee että aurinkolämpöjärjestelmä tuottaa lämpöä maaliskuusta syyskuulle. Loppuosan vuodesta järjestelmä on suljettuna eikä ole mukana lämmöntuotannossa. Tämänhetkinen huipputuotto on mitattu toukokuussa 2013. Tuolloin mitattu maahan saapuneen säteilyn keskiarvo oli  $1229 \text{ W/m}^2$  ja aurinkolämpöjärjestelmä tuotti  $9514,7 \text{ kWh}$ . /28/



Kuva 14. Tuotettu kokonaisenergia aurinkosähkö- ja aurinkolämpölaitteista. /29/



## 6 YHTEENVETO

Porin uuteen uimahalliin tehty suunnitelma antureiden malleista ja sijainneista oli onnistunut. Anturit ovat osoittautuneet toimiviksi sekä paikkaansa sopiviksi. Anturit asennettiin järjestelmään ennalta suunnitellun kaavion mukaan. Lopputuloksena oli toimiva pilottijärjestelmä josta saadaan haluttua mittatietoa laitteiston seurantaan varten. Vaikka kaikkia järjestelmiä ei saatu toimiviksi suunnitellussa aikataulussa on projekti silti hyvin onnistunut. Toimivat aurinkojärjestelmät ovat päässeet lähelle laskettuja lähtöarvoja joten voimme todeta myös projektin suunnittelun onnistuneeksi.

Porin uusi uimahalli esittelee taidokkaasti suomalaisten osaamista uusiutuvien energialähteiden saralla. Aurinkoenergiaa on selvästi pidetty Keski-Euroopassa käyttökelpoisena ja hyödyllisenä energiamuotona jota ei Suomessa juurikaan voida hyödyntää epäedullisen sijaintimme vuoksi. Porin uuden uimahallin aurinkoenergiajärjestelmien energian tuottoarvojen perusteella aurinkoenergiajärjestelmiä voidaan myös Suomen olosuhteissa käyttää täydentävänä energian tuotantomuotona. Aurinkoenergia energiamuotona jatkaa kehitystään ja uusia sovelluksia kehitetään jatkuvasti. Porin uuden uimahallin aurinkoenergiajärjestelmien pitkäaikaisseurannan mitaustulokset ovat julkisia ja niihin voi käydä tutustumassa osoitteessa <http://www.solarforum.fi/solarforum/data>

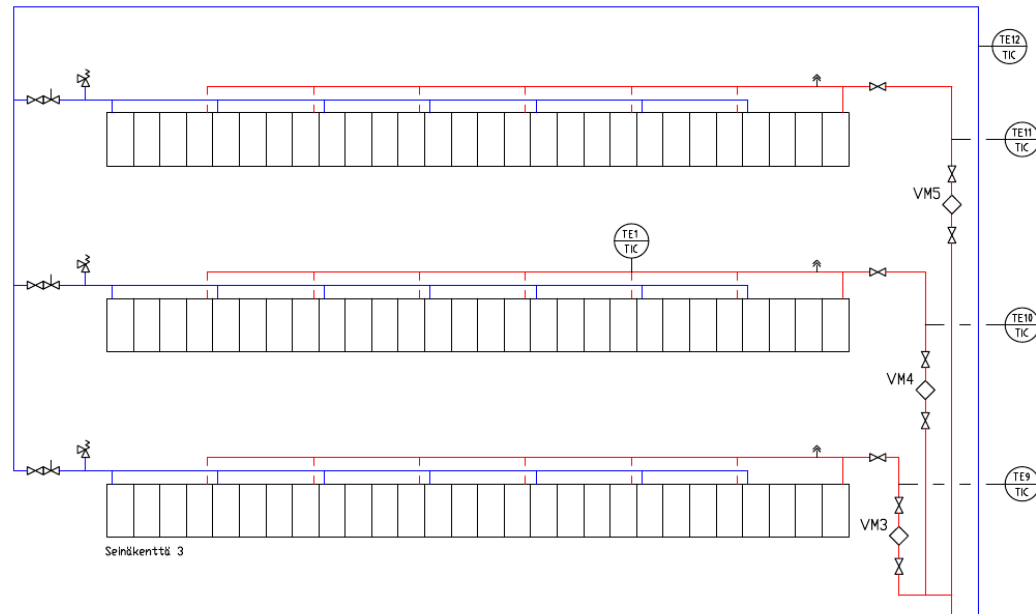
## LÄHTEET

1. ymparisto.fi www-sivut, Viitattu 02.06.2013, Saatavissa: [http://www.motiva.fi/files/5341/IEE\\_info\\_Kansalliset\\_painopisteet\\_Pentti\\_Puhakka.pdf](http://www.motiva.fi/files/5341/IEE_info_Kansalliset_painopisteet_Pentti_Puhakka.pdf)
2. Lehtinen, J, 12.5.2011, Aurinkoenergian käyttö uimahallissa – case Pori. Viitattu 1.4.2013.
3. Porin kaupungin www-sivut, Viitattu 3.10.2011, Saatavissa: <http://www.pori.fi>
4. VTT-Energia, Energia Suomessa, Helsinki: Edita Prima Oy, 2004, s.268-269
5. Kuva 2. Utah State University www-sivut, Viitattu 3.9.2012, Saatavissa: [http://ocw.usu.edu/Forest\\_\\_Range\\_\\_and\\_Wildlife\\_Sciences/Wildland\\_Fire\\_Management\\_and\\_Planning/Unit\\_4\\_\\_Temperature-Moisture\\_Relationship\\_1.html](http://ocw.usu.edu/Forest__Range__and_Wildlife_Sciences/Wildland_Fire_Management_and_Planning/Unit_4__Temperature-Moisture_Relationship_1.html)
6. Sun-parts www-sivut. Viitattu 1.4.2013, Saatavissa: [http://www.sun-parts.fi/index.php?option=com\\_content&task=view&id=28&Itemid=37](http://www.sun-parts.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=28&Itemid=37)
7. Kuva 3. Helsinki University Of Technology, Laboratory of advanced energy systems, Viitattu 3.9.2012, Saatavissa: <http://tfy.tkk.fi/aes/AES/projects/renew/pv/pv-toiminta.html>
8. Kuva 4. Buildaroo.com www-sivut, Viitattu 22.10.2011, Saatavissa: <http://buildaroo.com/news/article/solarreserve-solar-thermal-plant-molten-salt/>
9. Vesa Erkkilä, Aurinkolämpöopas itserakentajille, Helsinki:Kustantajat Sarmala Oy/Rakennusalan Kustantajat RAK, 2003, s.30.
10. Kuva 5. Callidus www-sivut, Viitattu 3.9.2012, Saatavissa: <http://www.callidus.fi/fi/lammitys/ratkaisut/aurinkolampo>
11. Goetzberger and Witter, Sonnenergie, Bundesamt für Geowissenschaften and Rohstoffe, 2006.
12. IEA, Low carbon energy technology roadmaps.
13. Solar Thermal Markets In Europe, 2012, ESTIF.
14. Kuva 6. Solar Annual 2013, Photon Consulting.
15. SolStats www-sivut, Viitattu 07.06.2013, Saatavissa: <http://www.solstats.com/blog/solar-energy/solar-panel-prices-drop-by-half-over-the-last-5-years/>
16. Kuva 7. SolStats www-sivut, Viitattu 07.06.2013, Saatavissa: <http://www.solstats.com/blog/solar-energy/solar-panel-prices-drop-by-half-over-the-last-5-years/>

17. Germany Trade & Invest, Esitelmä julkaistu vuonna 2013, Viitattu 07.06.2013 Saatavilla: <http://solarthermalworld.org/content/solar-thermal-market-industry-investment-opportunities-germany-2013>
18. Kuva 8. Germany Trade & Invest, Esitelmä julkaistu vuonna 2013, Viitattu 07.06.2013 Saatavilla: <http://solarthermalworld.org/content/solar-thermal-market-industry-investment-opportunities-germany-2013>
19. Petri Lähde, Nordic Solar pilottilaitoksen ja sen energiamittausjärjestelmän toteutus, Pori 2010, AMK-opinnäytetyö, Satakunnan ammattikorkeakoulu, tekniikka ja merenkulku Pori, energiatekniikan koulutusohjelma, s.5.
20. Kuva 9. Lehtinen, J. 12.5.2011, Aurinkoenergian käyttö uimahallissa – case Pori, Viitattu 1.4.2013.
21. Olli Seppänen, 2. Painos, Rakennusten lämmitys, Jyväskylä: Gummerus Oy, 2001, s.338-339.
22. Kuva 10. y-energia www-sivut, Viitattu 5.9.2012, Saatavissa: <http://www.y-energia.com/index.html>
23. Kuva 11. Lehtinen, J. 12.5.2011, Aurinkoenergian käyttö uimahallissa – case Pori, Viitattu 29.7.2013.
24. Kuva 12. Lehtinen, J. 12.5.2011, Aurinkoenergian käyttö uimahallissa – case Pori, Viitattu 29.7.2013.
25. The Electronics Research Laboratory Helsinki, Viitattu 4.2.2013, Saatavissa: [http://electronics.physics.helsinki.fi/wp-content/uploads/2011/02/Luento10\\_2007\\_anturit.pdf](http://electronics.physics.helsinki.fi/wp-content/uploads/2011/02/Luento10_2007_anturit.pdf)
26. Kipp & Zonen www-sivut, Viitattu 4.2.2013, Saatavissa: <http://www.kippzonen.com/?product/1131/CMP+3.aspx>
27. Vaisala www-sivut, Viitattu 4.2.2013, Saatavissa: <http://www.vaisala.fi/fi/products/multiweathersensors/Pages/WXT520.aspx>
28. Suvi Karirinne, Petri Konttinen, Jukka Kotiniemi, SB13 Dubai Paper – 105, Energy Saving Public Swimming Complex In Finland, Viitattu 27.12.2013.
29. Kuva 14. Suvi Karirinne, Petri Konttinen, Jukka Kotiniemi, SB13 Dubai Paper – 105, Energy Saving Public Swimming Complex In Finland, Viitattu 27.12.2013.
30. Kuva 1. Viridian Solar www-sivut, Viitattu 27.12.2013, Saatavissa: [http://www.viridiansolar.co.uk/Solar\\_Energy\\_Guide\\_3\\_3.htm](http://www.viridiansolar.co.uk/Solar_Energy_Guide_3_3.htm)
31. Jukka Saarensilta, Aurinkosähkön hyödyntäminen, 19.12.2012, AMK-Opinnäytetyö, Metropolia Ammattikorkeakoulu, Talotekniikan koulutusohjelma, s.5-7

32. Solar facts and advice www-sivut, Viitattu 28.12.2013, Saatavissa:  
<http://www.solar-facts-and-advice.com/monocrystalline.html>

Seinäkeräinjärjestelmä



Kattokeräinjärjestelmä

