



Yusur Ahamed

Rakennukset aurinkoenergian tuottajina

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Opinnäytetyö

1.10.2023

Tiivistelmä

Tekijä: Yusur Ahamed
Otsikko: Rakennukset aurinkoenergian tuottajina
Sivumäärä: 30 sivua
Aika: 1.10.2023

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Rakennustekniikka tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine: Rakennustekniikka
Ohjaajat: Lehtori Paula Naukkarinen

Suomen ilmastolle on ominaista pitkät talvet, pimeys ja runsausluminen, mikä johti rakennusten rakentamiseen perinteiseen ja tyypilliseen tapaan, jolloin suurin osa rakennuksista ovat tietyn muotoisia ja suunniteltu maan ilmaston sopivaksi.

Opinnäytetyö tavoitteena oli antaa uusia esimerkkejä rakennuksen julkisivun suurten alueiden hyödyntämisestä, mikä tukee suuresti vaihtoehtoista energiainvestointeja. Tällöin tämän tutkimuksen aikana tunnistetaan aurinkopaneelien käyttötapoja rakentamisessa.

Opinnäytetyössä saadut tulokset ovat hyödyllisiä tulevaisuuden kannalta, koska nyt on mahdollista käyttää puhdasta energiaa laajasti ja nykyaikaisesti. Tässä opinnäytetyössä todetaan, että aurinkopaneelija voidaan Suomessa käyttää rakentamisessa suuressa mittakaavassa hyödyntäen rakennusten tilaa hyödyllisellä ja nykyaikaisella tavalla.

Avainsanat: aurinkopaneeli, aurinkosähköenergia

Abstract

Author: Yusur Ahamed
Title: Buildings As Solar Energy Producers
Number of Pages: 30 pages
Date: 1 October 2023

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Degree Program in Civil Engineering
Professional Major: Civil Engineering
Supervisors: Paula Naukkarinen, Senior Lecturer

Finland's climate is characterized by long winters, darkness, and heavy snowfall, which led to the construction of buildings in a traditional and typical way, where most buildings have a certain shape and are designed to suit the country's climate.

The goal of the thesis was to provide new examples for the utilization of large areas of the building's facade, which supports alternative energy investments. In this study, methods of using solar panels in construction will be identified.

The results obtained in the thesis are useful for the future, because now it is possible to use clean energy widely and in a modern way. This thesis states that in Finland, solar panels can be used in construction on a large scale, utilizing space in buildings in a useful and modern way.

Keywords: solar panel, solar electric energy

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Rakennukset aurinkoenergian tuottajina	2
2.1	Näkökulma ja rajaus	2
2.2	Tutkimusmenetelmä.....	2
3	Auringon energia rakentamisessa.....	3
3.1	Auringon sähkökäyttö Suomessa	4
3.1.1	Auringon säteily Suomessa	5
3.1.2	Auringon sähkökäyttö maailmassa	6
3.2	Auringon paneelien toiminta	9
3.3	Paneelien tyypit	10
3.3.1	Yksikiteinen aurinkopaneeli	10
3.3.2	Ohutkalvoinen aurinkopaneeli	11
3.3.3	Monikiteinen aurinkopaneeli	12
3.4	Paneelien rakenne	13
3.5	Aurinkopaneelien asennus.....	14
4	Aurinkosähköjärjestelmä ja sen hyödyt.....	17
4.1	Aurinkopaneelien asennus seinälle	17
4.2	Jyrkkälässä käytettiin StoVentec Artline Inlay:tä.....	19
5	Aurinkopaneelien hinta	21
5.1	Aurinkosähkön varastointi.....	21
5.2	Aurinkosähkön kannattavuus.....	22
5.3	Esimerkkejä aurinkoenergian käytöstä rakennuksissa ympäri maailmaa	24
5.3.1	Kiina	24
5.3.2	Japani.....	26
5.3.3	Liettua.....	27
5.3.4	Viro	28
5.3.5	Norja.....	29
6	Pohdinta ja yhteenveto	30
	Lähteet.....	31

Lyhenteet

BIPV: Building Attached Photovoltaics. Integroitujen aurinkokennojen rakentaminen. BIPV:t ovat aurinkosähkömateriaaleja, joita käytetään korvaamaan perinteisiä rakennusmateriaaleja joissakin rakennuksen ulkoisissa osissa, kuten katoissa, kattoikkunoissa tai julkisivuissa.

PV: Photovoltaic. Aurinkopaneeli muuntaa aurinkosäteilyn sähköenergiaksi.

1 Johdanto

Viime vuosikymmeninä aurinkosähkön käyttö on lisääntynyt merkittävästi eri puolilla maailmaa, mutta Suomessa sitä käytetään vielä hyvin vähän. Tämä opinnäytetyö keskittyy aurinkosähkön mahdollisen käytön selvittämiseen rakennusten julkisivujen korjauksessa Suomessa.

Aurinkoenergia on puhdasta, päästötöntä ja se voi olla myös ilmaista ja kaikkien saatavilla. Tätä energiaa käytetään rakennusten ja veden lämmittämiseen sekä sähköenergian tuotantoon. Myös aurinkoenergian tiedetään lisäävän rakennuksen tehokkuutta ja omavarisuutta. Viimeisimpien tutkimusten mukaan Suomen auringon säteilyteho vastaa keväällä Pohjois-Saksan tasoa lumipeitteen ansiosta. [1.]

Suomessa aurinkoenergiaa voidaan pienillä laiteinvestoinneilla käyttää jopa 9 kuukautta vuodessa, helmikuusta marraskuuhun. Monien tutkimusten mukaan aurinkoenergialla voidaan kattaa noin 15–30 % tavallisen kodin energiantarpeesta ja noin 50–80 % matalaenergiakodin tarpeesta. [2.]

Aurinkoenergiajärjestelmä on tehokas kuuman käyttöveden tuottamiseen ja kodin lämmittämiseen. Yleensä rakennusten julkisivut ovat riippuvaisia kestäväyydestä ja ulkonäöstä, mutta viime aikoina tekniset julkisivut ovat saaneet nykyään enemmän huomiota. Tämän tutkimuksen avulla pystymme ymmärtämään aurinkosähköenergiaa ja kuinka sen sisällyttäminen rakennusten julkisivuihin muuttaa energiakustannuksia, vähentää haitallisia päästöjä ja muuttaa myös rakennuksen ulkonäköä.

2 Rakennukset aurinkoenergian tuottajina

2.1 Näkökulma ja rajaus

Näkökulma tutkimuksessa on vaihtoehtoisen energian käyttö nykyaikaisella tavalla maailmassa tapahtuneen arkkitehtonisen muutoksen kanssa. Myös kuvataan aurinkopaneelin käyttö ja asennustapa rakennuksen julkisivulle ja tuodaan se esiin innovatiivisella tavalla.

2.2 Tutkimusmenetelmä

Building Integrated Solar Cells (BIPV) (Integroitujen aurinkokennojen rakentaminen). BIPV:t ovat aurinkosähkömateriaaleja, joita käytetään korvaamaan perinteisiä rakennusmateriaaleja joissakin rakennuksen ulkoisissa osissa, kuten katoissa, kattoikkunoissa tai julkisivuissa. Se sisältyy yhä useammin uusien rakennusten rakentamiseen sähkön pää- tai lisälähteenä.

Yksi integroitujen aurinkomoduulien eduista verrattuna integroimattomiin järjestelmiin, jotka ovat yleisempiä, on se, että alkukustannuksia voidaan alentaa vähentämällä rakennusmateriaaleja ja työvoimaa rakennettaessa rakennuksen osaa, jossa käytetään BIPV-moduuleja.

Aurinkosähkömoduuleja voidaan integroida julkisiin rakennuksiin, kuten toimistokomplekseihin, tuotantorakennuksiin, ostoskeskuksiin tai kouluihin sekä yksityisiin rakennuksiin, kuten puutarhataloihin tai asuinyksiköihin, jotka sisältävät parvekkeet kadulle päin.

Käyttämällä aurinkokennoja kattoikkunajärjestelmissä sisääntuloauloissa, patioilla tai muissa paikoissa, se voi saavuttaa taloudellista hyötyä aurinkoenergiaa käyttävälle järjestelmälle sen lisäksi, että sen suunnittelussa on jännittävä piirre.

Kun sää on kylmä (tai kuuma), tuulettamattomat moduulit toimivat lämmöneristeenä itse moduulien sandwich-rakenteen ja näitä moduuleja läpäisevän ilmakerroksen kautta sekä kiteisen piin ja ohuen säteilyn absorboimisen kautta.

3 Auringon energia rakentamisessa

Aurinkoenergian käyttö sähköntuotantoon ja lämmitystoimintoihin on hiljainen menetelmä, joka ei aiheuta vaurioita tai pakokaasupäästöjä ja vaatii vähän huoltoa. Siksi sen sisällyttäminen rakennuksen arkkitehtoniseen suunnitteluun on hyvää tulevaisuuden teknologiaa. Aurinkoenergiajärjestelmien kehittäminen lisää tehokkuutta ja alentaa kustannuksia unohtamatta arkkitehtonisen ilmeen muodollista arvoa. Rakennussektori edustaa yli kolmannesta maailman energian loppukulutuksesta. Mahdollisuus integroida aurinkosähköä (PV) rakennusten rakenteisiin on valtava. Integroidun aurinkosähkön (BIPV) rakentaminen voisi olla keskeinen tapa lisätä uusiutuvan energian käyttöä. Rakennuksen integroidulla aurinkosähköllä tarkoitetaan aurinkopaneeleja, jotka on sisällytetty rakennuksen arkkitehtuuriin. Pohjimmiltaan BIPV koskee sitä, miltä järjestelmä näyttää ja miten se toimii rakennuksessa [3].

Tämän hankkeen arvo yhteiskunnalle on se, että se edistää BIPV-tuotteiden kehitystä nollaenergiarakennuksien edistämiseksi, laajentaa aurinkosähkösovellusten potentiaalia ja auttaa lisäämään aurinkosähkön levinneisyyttä ja tarjoaa laajoja alueita uusiutuvan energian tuotantoon teknisesti ja taloudellisesti toteuttamiskelpoisella tavalla korkean sosiaalisen hyväksymisen.

Aurinkoenergia, joka tunnetaan nimellä "vihreä energia", on kokenut huomattavan suosion muutaman viime vuosikymmenen aikana. Sen käyttö on lisääntynyt merkittävästi viime aikoina, kun yhä useammat kotitaloudet, toimistot ja teollisuuslaitokset ovat ottaneet tämän ympäristöystävällisen voimanlähteen käyttöön.

Aurinkoenergia on vapaasti saatavilla oleva, puhdas, uusiutuva energialähde. Energiankulutus asukasta kohden on hälyttävän korkealla. Myös energian hinta on kokenut uusia korkeita lukuja. Nyt rakennuksia rakennetaan energiatehokkuutta ajatellen. Tavoitteena on minimoida energiankulutus ja käyttää vaihtoehtoisista aurinkoenergiasta, jolla on monia etuja.

3.1 Auringon sähkökäyttö Suomessa

Tutkimuksen perusteella voidaan sanoa, että Suomi on aurinkoenergian tuotantopotentiaailtaan vertailukelpoinen maa Keski-Euroopan maiden kanssa. [2.] Suomen alhainen ympäristön lämpötila on etu, sillä se auttaa parantamaan aurinkokennojen tehokkuutta ja aurinkokennot toimivat paremmin myös kylmällä säällä. Lisäksi, jos aurinkopaneelit asennetaan oikein ja ohjeiden mukaan, ne kestävät lumikuormaa helposti. On myös mahdollista liittää tämä aurinkoenergiajärjestelmä sähköverkkoon.

Suomessa auringon energia saadaan talteen loistavasti myös talvella. Esimerkiksi julkisivujen aurinkopaneeliasennukset toimivat hyvin Pohjoismaissa, koska aurinko paistaa talvella hyvin matalalle eikä lunta kerry julkisivuasennuksiin. Seinäpaneelit tuottavat erityisen hyvin kirkkaina talvipäivinä, varsinkin maaliskuussa, jolloin aurinko paistaa jo hyvin ja lumen heijastus lisää paneeleihin kohdistuvaa valosäteilyä ja ne tuottavat enemmän.

Kun otetaan huomioon näiden aurinkopaneelien rakentamisen hyvät tulokset, olisi hyödyllistä sijoittaa nämä aurinkopaneelit rakennusten julkisivuille ilman, että tarvitsee huolehtia vuosituotannon parhaasta asennuskulmasta. Täällä paras asennuskulma vuosituotannossa mitattuna on jyrkkä, mikä on erittäin hyvä etu [1].

Vuodesta 2019 lähtien verkkoon kytketyn aurinkosähkön kapasiteetti on kasvanut noin sata megawattia vuodessa ja vuonna 2022 aurinkosähkön tuotantokapasiteetin lisäys kaksinkertaistuu. Energiaviraston mukaan Suomen aurinkoenergian kokonaistuotanto nousee vuonna 2022 noin 635 MW:iin. Eli kasvua vuoteen 2021 verrattuna yli 240 MW. Tämä prosenttiosuus kannustaa tämän energian laajempaan käyttöön maassa. [1.]

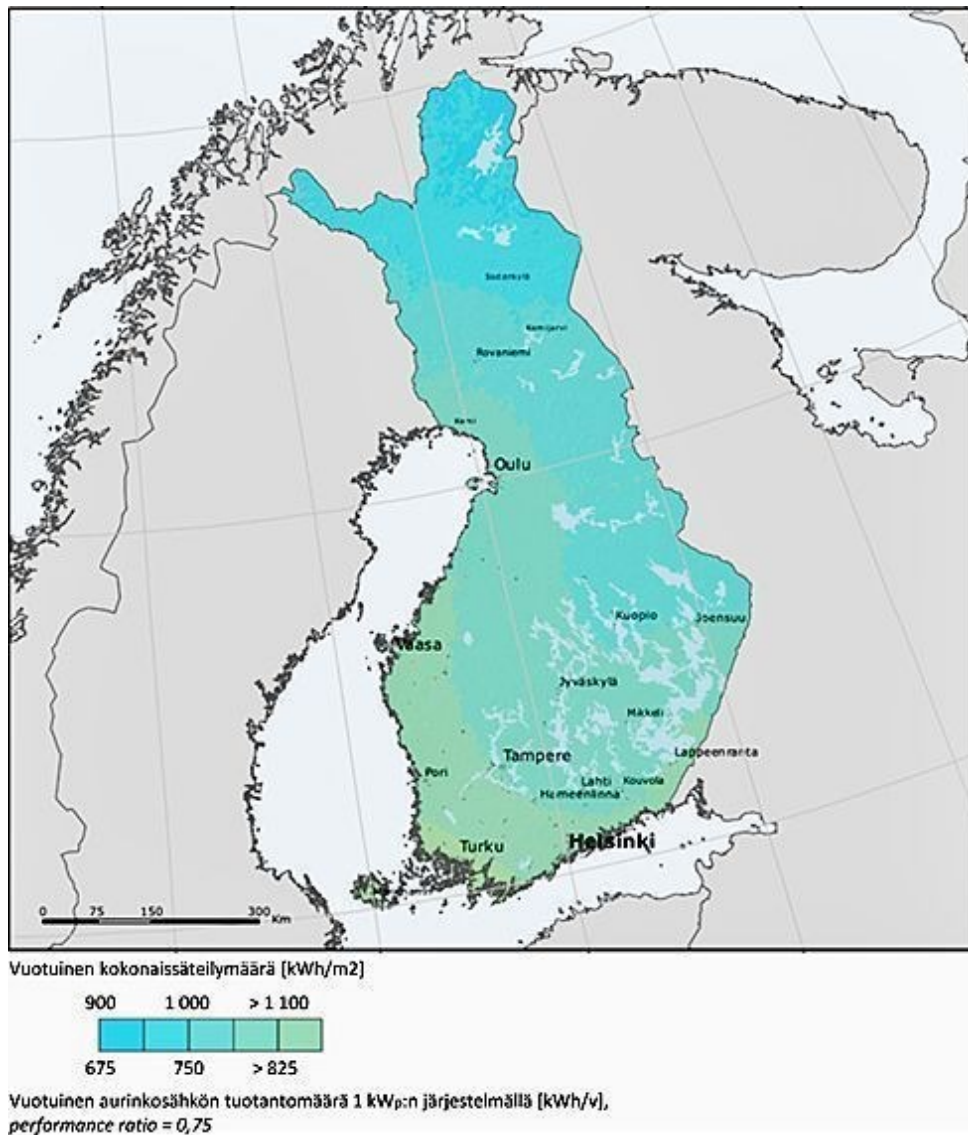
3.1.1 Auringon säteily Suomessa

Auringon säteily koostuu yleensä suoraan auringosta tulevasta säteilystä ja hajasäteilystä. Pilvistä, ilmakehästä ja maasta heijastuvaa säteilyä kutsutaan hajasäteilyksi. Hajasäteilyn osuus kokonaissäteilystä on suuri Suomessa, aurinkopaneelituotannon kannalta ei ole väliä, onko paneeliin tuleva säteily suoraa vai hajasäteilyä. [2.]

Heijastunut säteily kiiltäviltä pinnoilta, lumesta ja vedestä voi lisätä kallistetuille aurinkopaneelisiin tulevaa kokonaissäteilyä yli 20 prosenttia.

Vuotuinen säteilyn kokonaismäärä Etelä-Suomessa on lähes sama kuin Pohjois-Saksassa. Säteily täällä Suomessa keskittyy kesällä voimakkaammin kuin Etelä-Euroopassa, joten tuotanto vaihtelee suuresti vuodenajan mukaan. [2.]

Ilmatieteen laitos on laatinut nykyilmaston tyypillisiä sääoloja kuvaavia testivuotia energialaskelmia varten. Eteläisimmässä Suomessa kokonaissäteilyenergian määrä vaakatasolle on Ilmatieteen laitoksen testivuoden mukaan noin 980 kWh/m² vuodessa, Keski-Suomessa määrä on noin 890 kWh/m² ja Pohjois-Suomessa noin 790 kWh/m². [Kuva 1.]



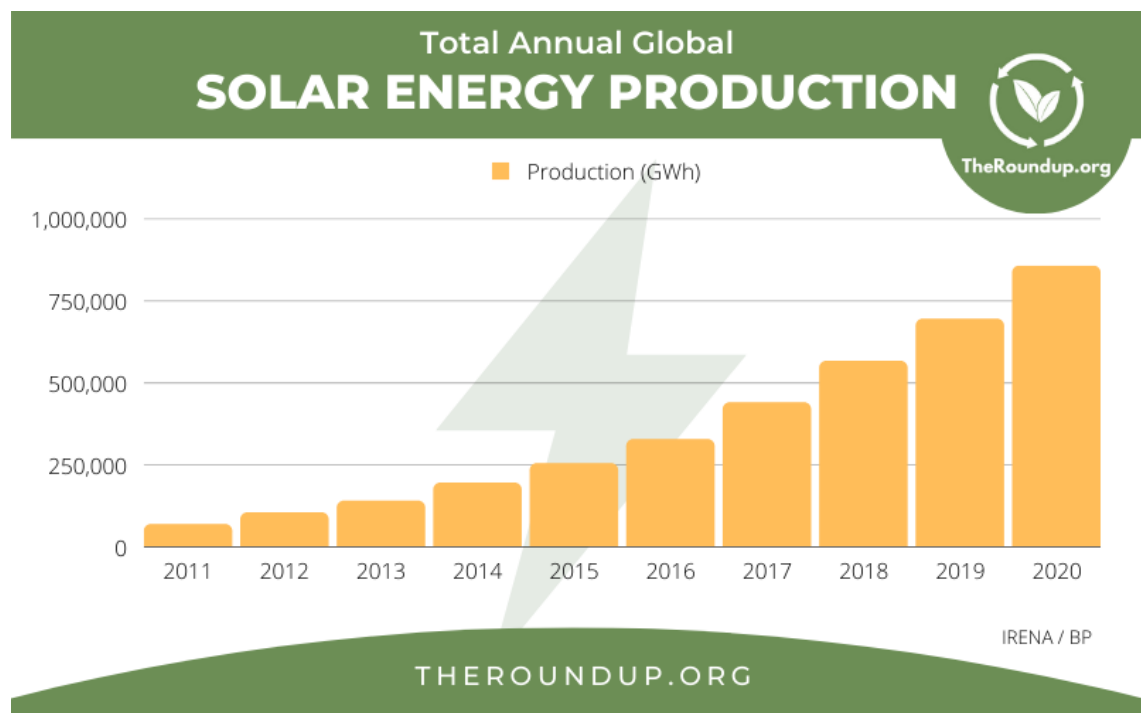
Kuva 1. Auringon säteilyn vuotuinen määrä optimaalisesti suunnatulla ja kaltevalla pinnalla Suomessa [2].

3.1.2 Auringon sähkökäyttö maailmassa

Aurinkoenergia on energialähde, joka on ollut olemassa jo pitkään. Ihmiset ovat viime aikoina alkaneet ymmärtää aurinkoenergian potentiaalia, ja tämä auttaa maailmaa siirtymään pois fossiilista polttoaineista.

Uusien tutkimusten mukaan 4,4 % maailman energiasta tulee aurinkoenergiasta, Kiinaa pidetään yhtenä ensimmäisestä aurinkoenergian tuotantomaista sillä se tuottaa 308.5 GW [4]. Aurinkoenergian nykyinen kapasiteetti maailmassa on 850,2 gigawattia (GW). Tämä on suurin määrä energiaa, jonka kaikki maailman aurinkovoimalat voivat yhdessä tuottaa kerralla. Tämä luku kasvaa joka vuosi.

Tuoreimmat tutkimukset osoittavat, että maailma käytti 856 TWh (terawattituntia) aurinkoenergiaa vuonna 2020. Aurinkoenergian tuotannon lisääntyessä viimeisen vuosikymmenen aikana tuotanto on nyt kymmenen kertaa suurempi kuin vuonna 2011. [4.]



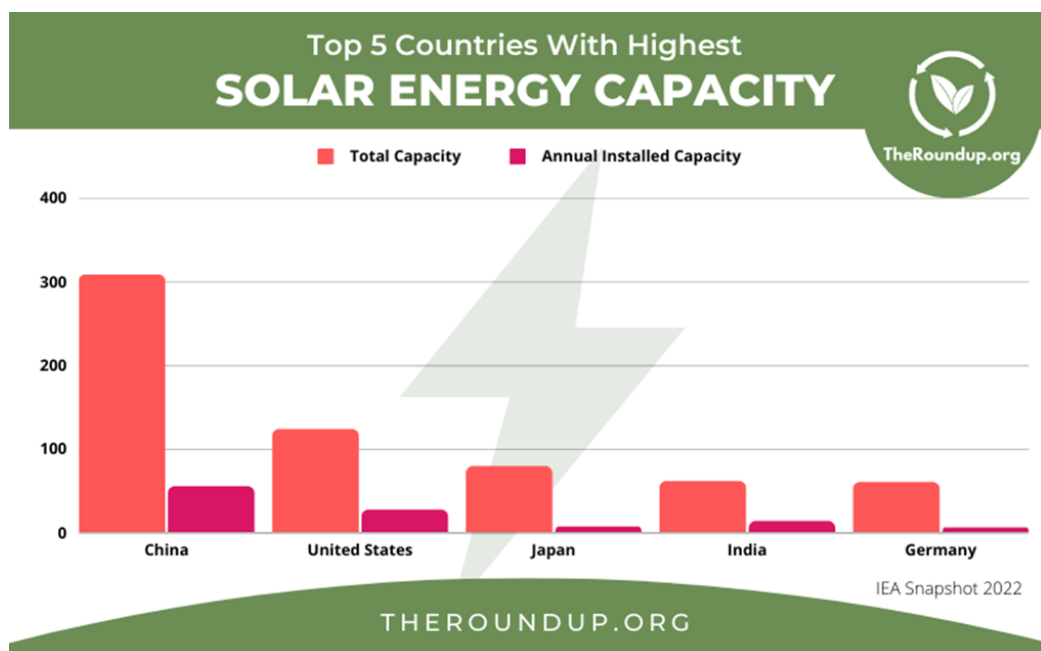
Kuva 2. Aurinkoenergian kokonaistuotanto maailmanlaajuisesti vuodessa [4].

Kiina on ensimmäisellä sijalla maailman suurimmassa aurinkoenergiakapasiteetissa, IEA:n (kansainvälinen energiajärjestö) mukaan Kiinan nykyinen kapasiteetti on 308,5 GW. Sitten Yhdysvallat on toisella sijalla 123 GW aurinkoenergiakapasiteetilla. Ja Japanissa on 78.2 GW. [4.]

Vaikka Kiina on edelleen maailman eniten kasvihuonekaasupäästöjä aiheuttava maa, se ottaa selkeät askeleet uusiutuvien energialähteiden hyödyntämiseksi, se asensi lisämäärän aurinkopaneeleja vuonna 2021, mikä nosti kumulatiivista kapasiteettia 54.9 GW. Tämä luku on kaksinkertainen Yhdysvalloissa lisättyyn määrään verrattuna (26.9 GW). [4.]

Islanti käyttää 100-prosenttisesti uusiutuvaa sähköä vuonna 2023 ja Paraguay, Costa Rica ja Norja käyttävät vain pieniä määriä fossiilisia polttoaineita. [4.]

Nämä maat saavat suurimman osan uusiutuvasta energiastaan vesivoimasta ja geotermisestä.



Kuva 3. Viisi parasta maata, joilla on suurin aurinkoenergiakapasiteetti [4].

3.2 Auringon paneelien toiminta

Aurinkopaneelissa on piistä valmistettuja aurinkokennoja, jotka muuntavat auringon säteilyenergian sähköenergiaksi valosähköilmiön avulla. Pii on puolijohde, mikä tarkoittaa, että se päästää sähköä kulkemaan läpi. Kennot muuntavat auringon säteilyenergian sähköenergiaksi, ja kun useita kennoja asennetaan sarjaan, saadaan tarvittava lähtöteho. [5.]

Kun fotoni, joka muodostaa auringon säteilemän energian, osuu levyyn, negatiivisesti varautuneita elektroneja vapautuu atomeistaan ja ne alkavat virrata vapaasti. Tätä ilmiötä kutsutaan valosähköiseksi ilmiöksi. Negatiivisesti varautuneet elektronit ja niiden jälkeensä jättämät aukot muodostavat sähkökentän, tämän seurauksena aurinkokennoihin liitetyissä virranjohtimissa syntyy sähkövirtaa. [5.]

Itse sähkövirtaa ei kuitenkaan ole saatavilla ennen kuin invertteri muuntaa tasavirran vaihtovirraksi. Aurinkosähköjärjestelmä on myös kytketty kiinteistön sähköjärjestelmään invertterin kautta.

Aurinkosähköjärjestelmän ollessa käynnissä invertteri muuntaa aurinkopaneelien tuottaman tasavirran kiinteistön sähkölaitteille sopivaksi vaihtovirraksi. Aurinkovoimalaitos ei vaadi jatkuvaa huoltoa, mutta se tuottaa sähköä päivänvalossa. Aurinkopaneelit tuottavat parhaan tehonsa, kun auringon säteily osuu suoraan niihin, mutta sitä syntyy myös pilvisellä säällä hajasäteilyn vaikutuksesta. [5.]

Talvella säteilyn intensiteetin kasvaessa vapautuu enemmän elektroneja ja muodostuu sähkövirtaa [5]. Aurinkopaneelit tarjoavat suurimman hyödyn maalisyyskuussa. Toisaalta talvikuukausina kaikki käytettävissä oleva säteily voidaan hyödyntää tehokkaammin kuin kesäkuukausina, koska kylmä ilma lisää aurinkopaneelien tehokkuutta. Se johtuu siitä, että puolijohdeiden ominaisuudet näyttävät parhailta, kun ne ovat kylmiä. Myös lumiheijastusilmiön synnyttämä

hajasäteily lisää merkittävästi aurinkopaneelien tuottavuutta [6]. Varsinkin keväällä ja talvella, kun aurinko on sulattanut lunta katoilta, mutta maa on edelleen heijastavan lumikerroksen peitossa, aurinkoenergiajärjestelmä voi tuottaa hämmästyttävän paljon. Tässä tapauksessa auringonvaloa pakkaspäivinä voidaan käyttää asunnon lämmittämiseen [6].

3.3 Paneelien tyypit

Aurinkopaneeleja on kolmenlaisia

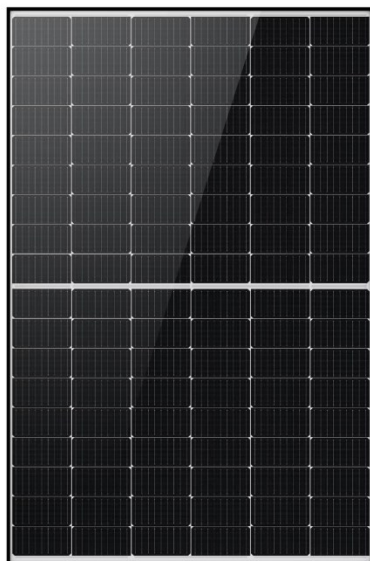
- Yksikiteinen aurinkopaneeli
- Ohutkalvoinen aurinkopaneeli
- Monikiteinen aurinkopaneeli.

3.3.1 Yksikiteinen aurinkopaneeli

Parhaat aurinkopaneelit on valmistettu yksikiteisestä piistä, ja niiden kennot ovat yksikiteistä piikidettä. Yksikiteisille aurinkopaneeleille on parempi hyötysuhde muihin paneeleihin verrattuna. Yksikiteinen aurinkokenno voi saada 31 % teoreettisesti.

Metallien virtajohtimien ja kennojen välisten raitojen ja puolijohteessa tapahtuvan rekombinoinnin vähentämä hyötypinta kuitenkin alentaa paneelin hyötysuhdetta ja käytännössä yksikiteisen paneelin paras mahdollinen hyötysuhde on 17–21 %.

Yksikiteiset aurinkopaneelit voidaan tunnistaa niissä olevien aurinkokennojen pyöristetyistä kulmista.



Kuva 4. Yksikiteinen aurinkopaneeli [20].

3.3.2 Ohutkalvoinen aurinkopaneeli

Ohutkalvot ovat amorfisesta tai pienestä kiteisestä piistä valmistettuja aurinkopaneeleja. Ohutkalvotekniikassa muodostuu eri materiaaleista kerroksia, jotka tuottavat sähkövirtaa eri aallonpituudesta auringon säteilystä.

Ohuiden levyjen valmistukseen käytetään paljon vähemmän piitä kuin kiteisten levyjen valmistukseen. Näiden paneelien etuna on, että ne ovat joustavia, joten ne voidaan taivuttaa ja asentaa vaikeisiin paikkoihin. Ohutkalvopaneelin hyötysuhde on pienempi kuin kidepaneelin, noin 9–13 %, ja paneelin sähköteho laskee nopeammin ajan myötä.

Ohutkalvoinen aurinkopaneeli kestää paremmin hämärän valoa ja on halvempi valmistaa kuin kiteinen aurinkopaneeli, ja se on lupaava vaihtoehto tulevaisuudessa tekniikan kehittyessä. Ohutkalvolevy on rakenteeltaan ja väriltään yhtenäinen ja tumma.



Kuva 5. Ohutkalvoinen aurinkopaneeli [21].

3.3.3 Monikiteinen aurinkopaneeli

Monikidepaneelit ovat rakenteeltaan samanlaisia kuin yksikidepaneelit. Pysytymme valmistamaan sopivia kokoja monikiteisiin paneeleihin, koska kennot koostuvat monista pienistä piikiteistä. Monikiteisen aurinkopaneelin hyötysuhde on vähän alhaisempi, 16–19 % kuin yksikiteisen aurinkopaneelin 17–21 %, mutta monikidepaneelit ovat edullisempia valmistaa.



Kuva 6. Monikiteinen aurinkopaneeli [22].

3.4 Paneelien rakenne

Aurinkopaneeli on yksi kokonaisuus, joka koostuu sarjaan kytketyistä aurinkokennoista, jotka on yleensä suojattu alumiinirungolla ja noin neljän millimetrin paksuisella lasilla, joka suojaa kennoja ilmalta ja kosteudelta.

Paneelien takaosat on valmistettu komposiittimuovista. Puolijohdekennojen paksuus on noin 0,25 mm ja ne on liitetty toisiinsa litteillä johtimilla. Yhden kennon koko esimerkiksi yksikiteisessä paneelissa on noin 150 x 150 mm.



Kuva 7. Aurinkopaneelien rakenne [23].

3.5 Aurinkopaneelien asennus

Voimme asentaa aurinkopaneeleja kattoon ja seiniin sekä sijoittaa ne myös maahan. Katolle sijoitettavien aurinkopaneelien osalta rakennuksen kattomateriaalit on ensin analysoitava ja tarvittaessa vaihdettava, koska aurinkopaneelit eivät toimii kattomateriaalina. Asuinrakennusten yhden aurinkopaneelin pinta-ala on yleensä noin 1,6–2 m² ja nimellisteho vaihtelee välillä noin 320–430 wattia [7].

Pienen talon kokoluokassa melko yleisesti tarjolla oleva 5 kWp:n järjestelmä sisältää noin 12–16 paneelia, joiden kokonaispinta-ala on noin 23–26 neliometriä. [7.]



Kuva 8. Aurinkopaneelit asetettu kattoon [24].

Kun suunnittelemme integroituvia aurinkopaneeleja seiniin, niiden suunnittelun tulee ensin olla visuaalisesti rakennuksen arkkitehtuuriin sopiva, erityisesti suurissa kiinteistöissä, tai niitä voidaan käyttää korvaamaan muita julkisivumateriaaleja [8].



Kuva 9. Aurinkopaneelit asetettu seinälle [25].

Lattialle asennettaessa samanlaisia telineitä käytetään tasaiselle alustalle asennettaessa. Maa-asennus soveltuu enimmäkseen suuriin järjestelmiin, jotka voidaan aidata ja suojata. Kun sijoitamme aurinkopaneeleja maa-asennuksiin, meidän on kiinnitettävä huomiota varjostukseen, koska se tapahtuu herkemmin kuin kattoasennuksissa. [8.]



Kuva 10. Aurinkopaneelit asennettu maahan [26].

4 Aurinkosähköjärjestelmä ja sen hyödyt

Aurinkosähköjärjestelmällä on monia etuja, joista suurin on aurinko uusiutuvan energian lähteenä. Aurinkoenergiaa on saatavilla kaikkialla maailmassa, ja tietysti sen saatavuus jakautuu erittäin epätasaisesti eri puolille maailmaa. Myös aurinkoenergian saatavuus vaihtelee suuresti vuodenaikojen mukaan. Aurinkosähköjärjestelmän käyttö on kestävää tuotantoa, ja aurinkopaneelien käyttöikä on 20–30 vuotta.

Aurinkosähköjärjestelmän komponentteja ovat aurinkopaneelit, tasa- ja vaihtovirtakaapelit, invertterit, erotuskytkimet, sähkön keskitin, johon järjestelmä on kytketty, sekä kaksisuuntaiseen mittaukseen kykenevä sähkömittari. Myös erilaiset sähkön varastointiratkaisut lisääntyvät tulevaisuudessa. Paneelien tuottamaa energiaa voidaan käyttää myös lämminvesivaraajassa kiinteistön ja käytöveden lämmittämiseen.

4.1 Aurinkopaneelien asennus seinälle

Seinälle asennettava aurinkopaneelit ovat hyödyllinen ja houkutteleva vaihtoehto asuin- ja liikekiinteistöille. Seinälle asennettavat aurinkopaneelit käyttävät talon sivuilla olevaa tyhjää tilaa ja käyttävät sitä aurinkoenergian tuottamiseen.

Yksi seinälle asennettavien aurinkopaneelien monista eduista on, että ne eivät kerää lunta ja ovat helppoja puhdistaa.

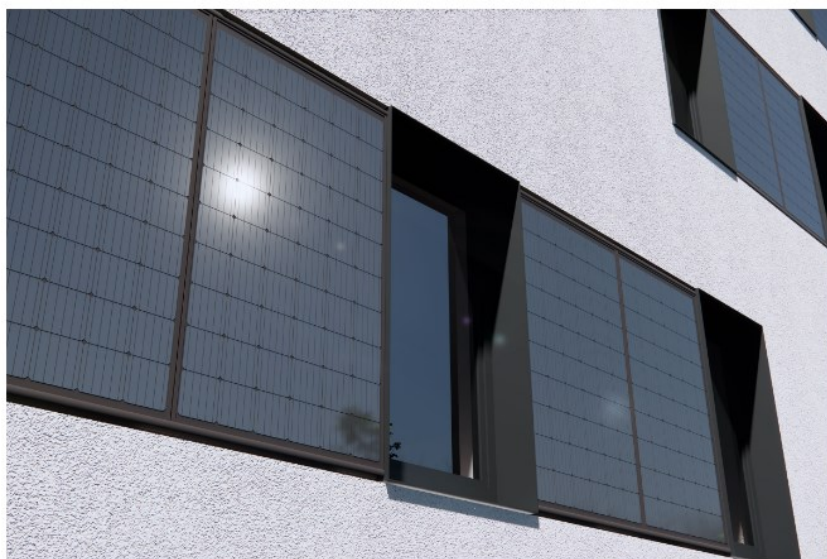
Talvella seinään asennetun aurinkosähköjärjestelmän sähköntuotanto saavuttaa maksimitason. Seinään asennettavat aurinkomoduulit on helpompi asentaa, huoltaa ja puhdistaa kuin kattoon asennettavat aurinkopaneelit. [9.]

Ennen aurinkopaneelien asennusta seinälle tulee tarkistaa seinien sopivuus, seinän tulee olla riittävän vahva kestämään paneelien painon.

Seinäkiinnitysjärjestelmien ongelmana on, että niiden on toimittava painovoimaa vastaan pysyäkseen paikoillaan. Tästä syystä seinäasennusprosessi vaatii paljon lisämateriaaleja kuten mutterit, pultit ja aluslevyt.

Seinille asennetut aurinkopaneelit eivät ole ihanteellisessa kulmassa auringolle, mutta silti niillä on omat etunsa, kevään ja syksyn vähäinen auringonpaiste hyödyntää seinille asennettuja aurinkopaneeleja paremmin kuin katolle asennettuja paneeleja. [9.]

Seinään asennettavissa aurinkopaneeleissa on tietysti haasteita, sillä seinillä olevan tuulen suunta on yksi tekijä, sillä aurinkopaneelien ei pitäisi olla pohjoiseen päin vähäisen auringonsäteilyn vuoksi. Myös rakennukset ja ympäröivä ympäristö vaikuttavat aurinkopaneelien käyttöön. Viereiset rakennukset eivät saa haitata aurinkopaneelien toimintaa [10].



Kuva 11. Seinään asennettu aurinkopaneeli [27].

4.2 Jyrkkälässä käytettiin StoVentec Artline Inlay:tä

StoVentec tuulettuva julkisivujärjestelmä yhdistää huippuarkkitehtuurin ja rakennusfysiikan vaatimukset. Tuulettuvia julkisivuverhouksia pidetään tärkeinä, sillä ne parantavat sääsuojaa, palosuojausta, äänieristystä ja erityisesti lämmöneristystä ja takaavat pitkän käyttöiän.

Kiinteistö Oy Jyrkkälän polku lisäsi aurinkoenergiajärjestelmän kiinteistön sähköjärjestelmään suurten korjausten yhteydessä. Rakennusyhtiö halusi ottaa käyttöön innovatiivisen tavan tuottaa sähköä. Aurinkopaneelit lisättiin rakennuksen julkisivujen kunnostuksen yhteydessä. Jyrkkälänpolussa toteutettu ja talon seiniin asennettu aurinkosähköjärjestelmä on ensimmäinen laatuaan Suomessa [9].

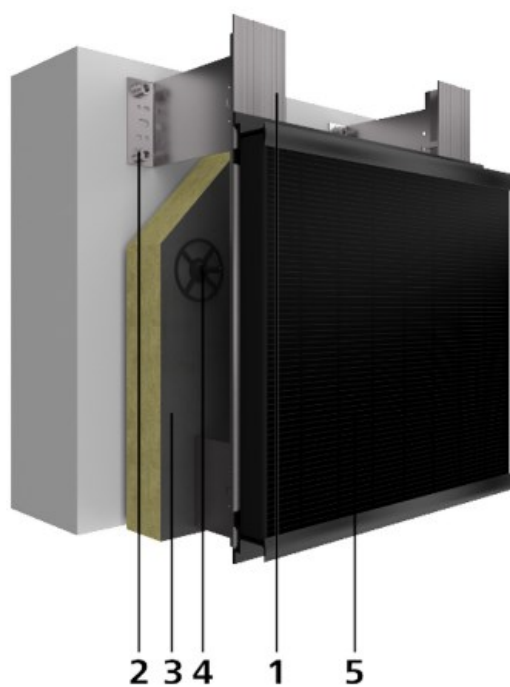
Sen tuottamaa sähköä käytetään alueen kotitalouksien sähkönä, pääasiassa ilmanvaihtoon ja jäähdytykseen. PV-järjestelmän tuottamaa energiantuotantoa seurataan reaaliajassa ja siitä lasketaan järjestelmän takaisinmaksuaika. [9.]

Kesän aikana energiaa käytetään pääasiassa rakennusten tuuletukseen, tällä tavalla aurinkoenergiaa voidaan maksimoida, sillä tällöin aurinkovoimalan energiantuotanto on korkeimmillaan.

Kahden aurinkopaneeliseinän vuosituotannon on laskettu olevan 28 MWh, Seinissä on 368 paneelia, jotka kattavat 133 neliömetrin julkisivun. Paneelien nimellisteho on 29,4 kW. Käytettiin aurinkopaneeleja, joiden nimellisteho oli 80 wattia. 60x120 cm on aurinkopaneelien vakiokoko, erikoiskokoja on myös saatavilla. Myös aurinkopaneelit ovat saatavana nimellistehoina 80 W, 85 W ja 90 W ja niiden käyttölämpötila-alue on -40 - +85 °C. [10].



Kuva 12. Aurinkopaneelien seinäasennus Jyrkkälässä [28].



Kuva 13. Seinään asentava aurinkopaneeli (StoVentec Photovoltaics Inlay) [29].

Rakenne

- 1) Alusrakenne
- 2) Ankkurointi
- 3) Eriste
- 4) Kiinnitys
- 5) Aurinkopaneeli

5 Aurinkopaneelien hinta

Yleensä aurinkopaneelijärjestelmä maksaa todennäköisesti useita tuhansia euroja, sillä kustannukset vaihtelevat suuresti useiden tekijöiden mukaan. Siihen vaikuttavat paneelien laatu, määrä, asennus ja alueelliset hintaerot. Hyvä puoli on, että aurinkopaneelien asennus on pitkän aikavälin investointi.

Aurinkopaneelienjärjestelmä maksaa noin 60–20000 euroa riippuen järjestelmän koosta ja käytetyistä komponenteista [11]. Pientalojen aurinkopaneelijärjestelmien keskihinta Suomessa on noin 8 000–15 000 euroa. Aurinkopaneelien asennuksen hinta on noin 400–5000 euroa, mikäli laitteet on jo hankittu. [11].

5.1 Aurinkosähkön varastointi

Energian varastointi on välttämätöntä aurinkolämmön hyödyntämisessä ja olennainen osa aurinkolämmitysjärjestelmää. Akun avulla voit varastoida aurinkosähköä ja käyttää sitä silloin, kun aurinko ei paista [12]. Akun kautta aurinkopaneeleista saatu energia varastoidaan myöhempää käyttöä varten. Eli voit käyttää aurinkosähköä myös illalla, yöllä tai pilvisinä päivinä, kun aurinkopaneelien teho on pieni.

Aurinkopaneelien akun ostaminen on edelleen harvinaista, aurinkosähköjärjestelmän akku kerää ja varastoi aurinkopaneelien tuottaman sähkön litiumakkuihin. PV-järjestelmään kytkettävä akku on noin 80–120 cm korkea, ja noin 70 cm kapea ja 20 cm syvä. Akku on helppo asentaa seinälle ja se sijoitetaan yleensä kodin tekniseen tilaan. [12].

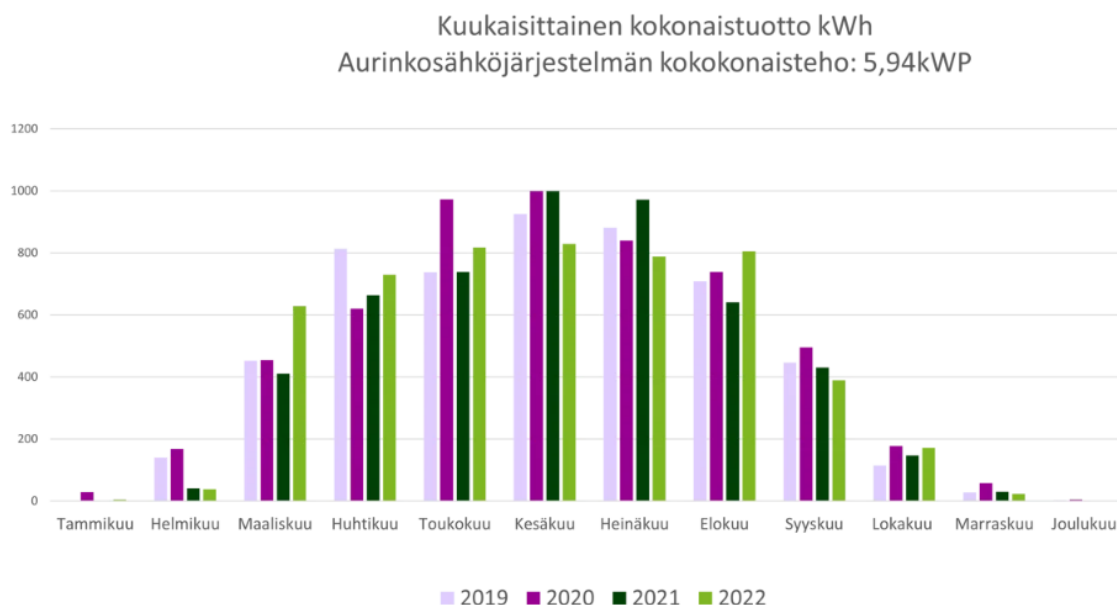
5.2 Aurinkosähkön kannattavuus

Monet asiat vaikuttavat aurinkosähköjärjestelmän hankinnan ja käytön kannattavuuteen, tärkeimmät asiat ovat järjestelmän hinta ja mitat, sähkön hinta kulu-
tuspai-
kalla, auringon säteilyn määrä ja lisäksi paneelien asennus [13]. Myös omakotitalojen aurinkosähkön tuottoon vaikuttavat paitsi paneelien määrä ja laatu, myös lohkon sijainti ja tuulen suunta.

Pientenkin asuntojen luokassa aurinkopaneelit vaativat usein paljon tilaa, ja asennus tulee olla sellainen, että paneelien varjostus voidaan vähentää minimiin.

Järjestelmä on mitoitettava niin, että merkittävä osa aurinkosähköstä voidaan käyttää itse, sillä sähköverkkoon myydystä ylijäämästä saa paljon vähemmän taloudellista hyötyä [13].

Aurinkopaneelit kattavat vuosittain noin 10–30 prosenttia omakotitalon sähkötarpeesta [13].



Kuvaaja kertoo todellisen toteuman erään Lumme Energian omakotitaloasiakkaan vuosien 2019–2022 5.94 kWp kokoisen aurinkosähköjärjestelmän aurinkosähkön tuotosta.

Kuva 14. Kuukausittainen kokonaistuotto kWh. Aurinkosähköjärjestelmän kokonaisteho 5.94 kWp [30].

Omakäyttöaste vaikuttaa merkittävästi aurinkopaneelien taloudelliseen kannattavuuteen, kun saat itse käyttää suurimman osan aurinkopaneelien tuottamasta sähköstä, voit säästää sähköverkon ja siirtomaksun lisäksi energiamaksun.

Suomessa aurinkolämpö on usein taloudellisesti kannattavaa pienissä omakotitaloissa ja taloyhtiöissä, joissa aurinkolämpöjärjestelmän voi hankkia suhteellisen edullisesti ja aurinkolämpöä käytetään käyttöveden lämmittämiseen tai öljyn ja sähkön korvaamiseen vesikiertoisessa lämmitysjärjestelmässä. [13.]

5.3 Esimerkkejä aurinkoenergian käytöstä rakennuksissa ympäri maailmaa

5.3.1 Kiina

Kiina on yksi ensimmäisistä maista, jotka käyttävät aurinkoenergiaa. Kiinalaiset valmistajat pystyvät valmistamaan aurinkopaneeleja ja niiden komponentteja valtavia määriä, mikä alentaa tuotannonkustannuksia ja antaa mahdollisuuden viedä tuotteita maailmalle kilpailukykyiseen hintaan. [14.]



Kuva 15. Suuri, rakenteilla oleva kelluva aurinkovoimala Kiinassa [31].



Kuva 16. Zibo, Shangdong BIPV projekti [32].

Zibo on Kiinassa tehty projekti, joka heijastaa ympäristömaisemaa ja kulttuuriarvoa suunnittelukonseptina ja yhdistää aurinkosähkön ja energiaa säästävän teknologian rakennuksen ja maiseman harmonisoimiseksi [15].

5.3.2 Japani



Kuva 17. Sanyo Solar Ark, aurinkorakennus Japanissa [33].

Sanyo on rakentanut Solar Centurylle laivan – vaikuttavan 630 kilowatin aurinkokeräinrakennuksen, jossa on yli 5 000 aurinkopaneelia ja joka tuottaa vuosittain yli 500 000 kilowattituntia energiaa. Vielä yllättävämpää on, että suurin osa aurinkolaivassa käytetyistä yksikiteisistä moduuleista oli tehdasromua, joka oli lähetetty romukasaan. Japanissa sijaitseva Solar Ark on yksi parhaista esimerkeistä integroidusta aurinkosähkösuunnittelusta tähän mennessä. [16.]

5.3.3 Liettua



Kuva 18. Julkisivuihin integroitu PV-järjestelmä, Klaipėda, Liettua [34].

Klaipedan projektissa aurinkosähkömoduulien teho on 215–320 wattia, Smart-Flex Solarfacades -projektin huippuluokan aurinkojulkisivua varten ViaSolis valmisti 24 erityyppistä räätälöityä aurinkopaneelia, joiden pituus oli yli 3,5 metriä ja leveys 0,73–1 867 metriä [17].

SmartFlex Solarfacades on laajamittainen EU-hanke, jota rahoittaa Euroopan unionin seitsemännen tutkimuksen ja innovaation puiteohjelma. Sen tavoitteena on vapauttaa rakennukseen integroidun aurinkosähkön (BIPV) potentiaali. [17.]

5.3.4 Viro



Kuva 19. Toila SPA Hotelli, Toila, Estonia [35].

Toilan projektissa aurinkojärjestelmän teho on 44 kWp. BIPV on ihanteellinen ratkaisu nostaa rakennuksen esteettistä arvoa ja markkina-arvoa sekä pysyä lähellä nollaenergiarakennuksen elinkaaritasolla. [18.]

5.3.5 Norja



Kuva 20. ZEB-laboratorio, Norja [36].

Laboratorio/testirakennus ZEB Laboratory sijaitsee Trondheimissa. Se on 4-kerroksinen toimistorakennus, jonka kokonaispinta-ala on 2000 m².

ZEB-laboratorio suunniteltiin ja toteutettiin pilottirakennuksena, jota käytetään helpottamaan uusien ympäristöystävällisten rakennuskomponenttien, -ratkaisujen ja -prosessien leviämistä ja laboratorio kansallisen ja kansainvälisen tutkimusyhteistyön areenana [19].

6 Pohdinta ja yhteenveto

Opinnäytetyössä käsiteltiin aurinkoenergian hyödyntämistä suuremmissa mittakaavassa rakentamisessa asentamalla aurinkopaneeleja rakennuksen julkisivuihin. Tämä tutkimus perustuu pääosin rakennusten aurinkoenergian käytön kehitykseen Suomessa, sillä selvitimme Suomessa vastaanotettavan säteilyn määrää, miten aurinkopaneelit toimivat talvella ja mikä on oikea suunta aurinkopaneelien asentamiseen.

Tämän tutkimuksen aikana huomasin, että Suomessa on olemassa sellainen rakennus, jossa rakennuksen julkisivuihin käytettiin aurinkopaneeleja, se sijaitsee Jyrkkälässä ja se on ensimmäinen laatuaan täällä Suomessa. Tämä osoittaa, että tämä hanke kehittyy ajan myötä, kun puhtaan energian käytön kehittyessä ja sen käytön yleistyessä pohjoisissa maissa.

Tutkimuksessa on jotain esimerkkejä aurinkopaneeleista, joita asennetaan seinille ympäri maailmaa, mikä edistää puhtaan energian käyttöä laajemmalla mittakaavalla. Kiinan kehitys tässä hankkeessa on selkeä ja se on menestynyt siinä muita maita paremmin. Lämpimillä alueilla aurinkoenergiaa käyttävät rakennukset ovat hyvin yleisiä, mutta tämä ei estä niiden käyttöä myös kylmillä alueilla.

7 Lähteet

[1] Aurinkoenergia ja aurinkosähkö Suomessa. 2019. Verkkoaineisto. LUT-yliopisto. <https://www.lut.fi/fi/artikkelit/aurinkoenergia-ja-aurinkosahko-suomessa>. Julkaistu 27.2.2019. Päivitetty 27.6.2023.

[2] Auringonsäteilyn määrä Suomessa. 2022. Verkkoaineisto. Motiva. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringonsateilyn_maara_suomessa. Päivitetty 22.8.2022.

[3] Solar PV. 2023. Verkkoaineisto. Iea. <https://www.iea.org/energy-system/renewables/solar-pv>.

[4] Arabella Ruiz, 2023. 35 Latest Solar Power Statistics, Charts & Data. <https://theroundup.org/solar-power-statistics/>

[5] Miten aurinkopaneelit käytännössä toimivat. 2020. Verkkoaineisto. Väre. <https://vare.fi/aurinkopaneelit/miten-aurinkopaneelit-toimivat/>. Julkaisu 23.4.2020.

[6] Miten aurinkopaneelit toimivat. 2022. Verkkoaineisto. Pokas Oy. <https://pokas.fi/ajankohtaista/miten-aurinkopaneelit-toimivat/>. 19.12.2022.

[7] Aurinkopaneelien asentaminen. 2023. Verkkoaineisto. Motiva Oy. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/hankinta_ja_asennus/aurinkopaneelien_asentaminen. Päivitetty 11.1.2023.

[8] Aurinkosähköjärjestelmät. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). Verkkoaineisto. <https://tukes.fi/sahko/sahkotyot-ja-urakointi/aurinkosahkojarjestelmat>.

[9] Jukka Nortio, 2017. Aurinkopaneelit seiniin. <https://digilehti.rakennustaito.fi/digilehti/03-2017/aurinkopaneelit-seiniin>.

[10] Tuulettuva julkisivu aurinkopaneeleilla. Verkkoaineisto. Sto Finexter Oy. <https://www.sto.fi/s/palvelut/uutiset/a217U000000h3jFQAQ/tuulettuva-julkisivu-aurinkopaneeleilla>.

[11] Aurinkopaneelit – Mitä maksaa aurinkopaneelit. 2023. Verkkoaineisto. Kodinplaza. <https://kodinplaza.fi/sahkotyot/aurinkopaneelit/hinta>.

[12] Akuston avulla varastoit aurinkosähköä ja käytät sitä silloin, kun aurinko ei paista. 2023. Verkkoaineisto. LämpöYkkönen. <https://lampoykkonen.fi/artikkelit/aurinkosahko-akusto/>. Julkaisu 4.7.2023.

[13] Aurinkopaneelien kannattavuus ei riipu säätiloista – pilvinenkin kesä voi olla tuottoisa. Verkkoaineisto. Lumme Energia. <https://www.lumme-energia.fi/blogi/aurinkosahkon-kannattavuus-ei-riipu-saatiloista-pilvinenkin-kesa-voilla-tuottoisa>.

[14] Oleksandra Mamchii. 2023. The Rise of China in the Solar Industry: A Global Revolution. <https://bestdiplomats.org/why-china-is-dominating-the-solar-industry/>.

[15] BIPV Facade System | Shandong Zibo Entrepreneurship and Innovation Park Service. 2021. <https://www.gainsolarbipv.com/photovoltaic-ventilated-facade/shandong-zibo-entrepreneurship-and-innovation.html>.

[16] SOLAR ARK: World's Most Stunning Solar Building. 2008. Verkkoaineisto. Inhabitat. <https://inhabitat.com/solar-ark-worlds-most-stunning-solar-building/>.

[17] Manufacturer & Supplier of Solar Systems. Verkkoaineisto. Viasolis. <http://www.viasolis.eu/de/editable-separated/id-189>.

[18] Manufacturer & Supplier of Solar Systems. Verkkoaineisto. Viasolis. <http://www.viasolis.eu/de/editable-separated/id-189>.

[19] REHVA. BIPV in Nordic climate: the ZEB Laboratory. <https://www.rehva.eu/rehva-journal/chapter/bipv-in-nordic-climate-the-zeb-laboratory>.

[20] Kuva 4. Yksikiteinen aurinkopaneeli. <https://fi.dsnsolar.com/solar-panel/mono-solar-panel/550w-half-cell-perc-monocrystalline-solar.html>

[21] Kuva 5. Ohutkalvoinen aurinkopaneeli. <https://fi.ssthpower.net/solar-panel/flexible-solar-panel/100w-thin-film-solar-panel.html>

[22] Kuva 6. Monikiteinen aurinkopaneeli. <https://agroshop.fi/monikiteiset-aurinkopaneelit/12656-aurinkopaneeli-210w-p-maxx-monikiteinen.html>

[23] Kuva 7. Aurinkopaneelien rakenne. <https://ledstore.fi/blog/2023/03/11/aurinkopaneelit-ja-led-valonauhat/>

[24] Kuva 8. Aurinkopaneelit asetettu kattoon. <https://www.spek.fi/aurinkopaneelien-paloturvallisuuteen-voi-itse-vaikuttaa/>

[25] Kuva 9. Aurinkopaneelit asetettu seinälle. <https://www.solarreviews.com/blog/solar-panel-technologies-that-will-revolutionize-energy-production>

[26] Kuva 10. Aurinkopaneelit asetettu maahan. <https://s-ryhma.fi/uutinen/lisaa-omaa-aurinkosahkoa-paneeleja-parkkipaikalle-/7Eu8N9aJrrgaLHAqtdJpSb>

[27] Kuva 11. Seinään asennettu aurinkopaneeli. <https://digilehti.rakennustaito.fi/digilehti/03-2017/aurinkopaneelit-seiniin>

[28] Kuva 12. Aurinkopaneelien seinäasennus Jyrkkälässä. <https://rakennustaito.fi/aurinkopaneelit-seiniin/>

- [29] Kuva 13. seinään asentava aurinkopaneeli (StoVentec Photovoltaics Inlay)
(<https://www.sto.fi/s/palvelut/uutiset/a2l7U000000h3jFQAQ/tuulettuva-julkisivu-aurinkopaneeleilla>)
- [30] Kuva 14. Kuukausittainen kokonaistuotto kWh. Aurinkosähköjärjestelmän kokonaisehto 5.94 kWp. <https://www.lumme-energia.fi/blogi/aurinkosahkon-kannattavuus-ei-riipu-saatiloista-pilvinenkin-kesa-voi-olla-tuottoisa>
- [31] Kuva 15. Suuri, rakenteilla oleva kelluva aurinkovoimala Kiinassa. <https://www.brinknews.com/china-and-india-lead-the-global-solar-energy-rush/>
- [32] Kuva 16. Zibo, Shangdong BIPV projekti. <http://www.yingli-group.com/sub/yingliet/en/cases/cases61.html>
- [33] Kuva 17. Sanyo Solar Ark, aurinkorakennus Japanissa. <https://inhabitat.com/solar-ark-worlds-most-stunning-solar-building/>
- [34] Kuva 18. Julkisivuihin integroitu PV-järjestelmä, Klaipėda, Liettua. <https://inhabitat.com/solar-ark-worlds-most-stunning-solar-building/>
- [35] Kuva 19. Toila SPA Hotelli, Toila, Estonia. <http://www.viasolis.eu/de/editable-separated/id-189/>.
- [36] Kuva 20. ZEB-laboratorio, Norja. <https://www.veidekke.com/projects/zeb-flexible-lab/>.

