

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Energia- ja ympäristötekniikan koulutus

Miika Haverinen

Joensuun Motonet-tavaratalon aurinkosähkö-  
järjestelmän suunnitelma

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2020



**OPINNÄYTETYÖ**  
**Toukokuu 2020**  
**Energia- ja ympäristötekniikan**  
**koulutus**  
Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
+358 13 260 600

Tekijä

Miika Haverinen

Nimeke

Joensuun Motonet-tavaratalon aurinkosähköjärjestelmän suunnitelma

Toimeksiantaja

Broman Group Oy

Tiivistelmä

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin sopivan kokoisen aurinkosähköjärjestelmän mitoitusta Joensuussa sijaitsevalle yritys kiinteistölle. Tutkimuskohteena toimi Broman Groupin omistama kiinteistö, jossa toimii Motonet-tavaratalo.

Opinnäytetyön tavoitteena oli mitoittaa yritykselle sopivan kokoinen aurinkosähköjärjestelmä, joka on taloudellisesti kannattava. Järjestelmän mitoituksessa käytettiin PV\*SOL-ohjelmaa ja talouslaskuissa Excel-taulukkolaskentaohjelmaa. Aurinkosähköjärjestelmän valinta tehtiin omakulutusasteen ja takaisinmaksuajan perusteella. Erikokoisten aurinkosähköjärjestelmien hintatiedot saatiin toimeksiantajan nimeämältä yritykseltä.

Takaisinmaksuajan ja omakulutusasteen perusteella sopivaksi aurinkosähköjärjestelmäksi osoittautui 126,3 kWp:n kokoinen järjestelmä. Kannattavuuslaskelmissa huomioitiin sähkönhinnan nousu 2 %/vuosi ja aurinkopaneeleiden tehonlasku 0,5 %/vuosi. 126,3 kWp:n kokoisen järjestelmän korolliseksi takaisinmaksuajaksi muodostui 12 vuotta. Kohteen suuren kattopinta-alan, suuren sähkönkulutuksen ja osto- ja myyntisähkön pienen hintaeron takia kiinteistöön voisi asentaa huomattavasti suuremmankin järjestelmän, mutta sen riskit olisivat suuremmat ja takaisinmaksuaika nousisi 20 vuoden kohdille.

Kieli

suomi

Sivuja 34

Asiasanat

aurinkoenergia, aurinkopaneelit, Joensuu, kannattavuus, korko, maksuaika, sähkönkulutus, tavaratalot.



**THESIS**  
**November 2019**  
**Degree Programme in Energy and Environmental Technology**  
Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
FINLAND  
+ 358 13 260 600

Author

Miika Haverinen

Title

Plan for the photovoltaic system of the Motonet department store in Joensuu

Commissioned by  
Broman Group Oy

Abstract

The purpose of this thesis was to find a suitable photovoltaic system for a company's property located in Joensuu. The property targeted in this study was a Motonet department store owned by Broman Group.

The aim of this study was to find an economical photovoltaic system for the company. To find the suitable power for the system, PV\*SOL-software was used. The economic calculations were done by using Microsoft Excel. The suitable photovoltaic system was chosen based on internal consumption and the payback period. The pricing data was obtained from a company chosen by the principal company.

Based on the payback period and internal consumption, the suitable peak power for the photovoltaic system was 126.3 kWp. The 2 % per annum increase in the price of electricity and the 0.5 % per annum decrease in the efficiency of a solar cell were taken into account in the profitability calculations. The payback period, with interest, proved to be 12 years for a system with a peak power of 126.3 kWp. Due to the large surface area of the roof of the property, the large electricity consumption, and the small spread in electricity price, a significantly more powerful system could also be installed on the property. However, this would result in greater risks and the payback period would increase to 20 years.

Language

Finnish

Pages 34

Keywords

solar energy, photovoltaic, Joensuu, viability, interest, repayment period, profitability, electricity consumption, department stores

# Sisältö

1	Johdanto .....	6
2	Tietoperusta .....	7
2.1	Käsitteet.....	7
2.2	Aurinkoenergian tuotto Suomessa.....	8
3	Aurinkosähkö .....	9
3.1	Aurinkopaneelit .....	9
3.2	Aurinkopaneelien Tier-luokitus.....	9
3.3	Aurinkosähköjärjestelmä.....	11
3.4	On-Grid järjestelmä.....	11
3.5	Ylituotetun aurinkosähkön myynti .....	12
3.6	Aurinkopaneelien asennus tasakatolle .....	13
4	Aurinkosähköjärjestelmän mitoitusperusteet.....	13
5	Investointilaskelmat.....	14
5.1	Investoinnin kannattavuus .....	14
5.2	Perusinvestointi .....	14
5.3	Investoinnin tuotot ja kustannukset.....	14
5.4	Investoinnin pitoaika .....	15
5.5	Laskentakorkokanta.....	15
5.6	Takaisinmaksuaika .....	15
5.7	Sisäinen korko .....	16
6	Opinnäytetyön tavoite ja käytetyt menetelmät .....	16
6.1	Opinnäytetyön tavoite .....	16
6.2	Opinnäytetyössä käytetyt menetelmät .....	16
7	Tutkimuksen lähtötiedot .....	17
7.1	Mitoitettavan kiinteistön lähtötietojen selvitys.....	17
7.2	Kohdekiinteistön sähkönkulutus.....	18
7.3	Sähkön hintatiedot .....	19
7.4	Investoinnissa huomioon otettavat tekijät .....	19
8	Aurinkosähköjärjestelmän toimittajan valinta .....	19
8.1	Kohteessa käytettävät aurinkopaneelit .....	20
8.2	Kohteessa käytettävät verkkoinvertteri .....	20
8.3	Kohteessa käytettävät asennustelineet .....	21
9	Tutkimuskohteen aurinkosähköjärjestelmän mitoitus.....	22
9.1	Tutkimuskohteen aurinkosähköjärjestelmän mitoitus PV*SOL-ohjelmalla.....	22
9.2	Tarjous mitoitetusta aurinkosähköjärjestelmästä .....	23
9.3	Aurinkosähköjärjestelmän hankintakustannukset .....	24
9.4	Aurinkosähköjärjestelmän sähköntuoton arviointi .....	24
9.5	Kohteeseen sopivan kokoisena aurinkosähköjärjestelmän valinta .....	25
10	Tutkimuskohteeseen mitoitetun järjestelmän tarkastelu.....	26
10.1	3D-mallinnus.....	26
10.2	Aurinkosähkön tuottoennuste 3D-mallinnuksella .....	27
10.3	Nettotuottoennuste .....	28
10.4	Järjestelmän investoinnin kannattavuus .....	29
11	Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelussa huomioon otettavat luvat .....	30
11.1	Sähköverkkoon liittyminen .....	30
11.2	Lupa-asiat.....	31

12 Pohdinta.....	32
Lähteet.....	33

#### Kuvat

Kuva 1	Yksikiteinen piipaneeli (Motiva 2019b).
Kuva 2	Tier-luokitukset (Lumme-Energia).
Kuva 3	Verkkoon kytketty aurinkosähköjärjestelmä (Naps Solar 2018a).
Kuva 4	Myynti- ja ostonsähkön suhde (Motiva 2019c).
Kuva 5	Kuurnankatu 1 (Paikkatietoikkuna 2019).
Kuva 6	Jinko Solar JKM335M-60 yksikidepaneeli (Jinko Solar).
Kuva 7	Huawei Sun2000-36KTL (Solar Yours).
Kuva 8	Soltop Duraklick ECO (Soltop).
Kuva 9	3D-mallinnus Motonettiin mitoitetusta aurinkosähköjärjestelmästä.
Kuva 10	Aurinkosähköjärjestelmän tuottaman energian virtaama.

#### Kuviot

Kuvio 1	Heinäkuun tuntikohtainen kulutuskeskiarvo.
Kuvio 2	Erikokoisten järjestelmien koroton takaisinmaksuaika.
Kuvio 3	Aurinkosähköjärjestelmän vuosituottoennuste 30 vuoden ajalta.
Kuvio 4	Aurinkosähköjärjestelmän nettotuotto ennuste 30 vuoden ajalta.

#### Taulukot

Taulukko 1	Tuntikohtainen keski- ja pohjakulutus keskiarvo 8.00–16.00 kesäkuukausilta 2017 ja 2018.
Taulukko 2	Erikokoisten järjestelmien omakulutusaste.
Taulukko 3	Investointi hinta.
Taulukko 4	Erikokoisten järjestelmien ensimmäisen vuoden aurinkosähkön tuottoennuste.
Taulukko 5	Järjestelmän investoinnin kannattavuus.

#### Lyhenteet

kWh	kilowattitunti.
kWp	piikkikilowatti.
W/m <sup>2</sup>	watti neliometriä kohti.

# 1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan Joensuussa sijaitsevan yritys kiinteistön aurinkosähköjärjestelmän mitoitus ja suunnitelmaa. Kiinteistön tiloissa toimii tällä hetkellä useita yrityksiä, mutta suunnitelman kohteena on kiinteistön suurimman pinta-alan kattava Motonet-tavaratalo. Mitoitettavan kohteen omistaa Broman Group Oy, joka toimii tämän opinnäytetyön toimeksiantajana.

Broman Group Oy on Joensuusta kotoisin oleva kotimainen autojen varaosiin keskittyvä perheyhtiö, joka työllistää Motonet- ja AD Varaosamaailma –ketjuissaan sekä konsernin palveluyhtiöissä logistiikan ja liikekiinteistöjen puolella yhteensä yli 1 700 alan ammattilaista. Opinnäytetyön tarkoituksena on tukea Broman Groupin tavoitetta parantaa rakennustensa ekotehokkuutta aurinkosähkön avulla.

Vuonna 2016 valmistuneen kiinteistön kokonaispinta-ala on noin 5 600 m<sup>2</sup>, josta Motonetin osuus on noin 3 600 m<sup>2</sup>. Kiinteistö sopii erinomaisesti aurinkosähkön tuotantoon, sillä pinta-alaltaan suurella tasakatolla ei ole varjostavia tekijöitä.

Kohdekiinteistö sopii hyvin aurinkosähkön hyödyntämiseen, sillä Motonet tavaratalo on auki jokaisena päivänä viikossa, parhaaseen aurinkosähkön tuottoaikaan. Kohteella on myös tasainen sähkönkulutus tunti- ja vuositasolla.

Opinnäytetyössä hyödynnettiin PV\*SOL-mallinnusohjelmaa järjestelmän mitoitukseen. Kannattavuuslaskut tehtiin käyttämällä Excel-taulukkolaskentaohjelmaa.

## 2 Tietoperusta

### 2.1 Käsitteet

**Aurinkopaneeli** on useista sarjaan- ja rinnankytketyistä aurinkokennoista muodostuva järjestelmä, johon kuuluu koteloitu sekä suojattu kenno, taustatuki, johdotukset, kytkentärasia ja pinalasi, josta auringonsäteily pääsee läpi (Motiva 2017a).

**Aurinkosähköjärjestelmällä** tarkoitetaan aurinkosähköä tuottavia kennoja ja niiden tuottaman sähkön siirtoon ja varastointiin tarvittavaa järjestelmää, joka sijaitsee rakennuksessa tai sen välittömässä läheisyydessä (Heimonen 2011, 5).

**Ekotehokkaalla rakennuksella** tarkoitetaan rakennusta, joka tuottaa suhteellisen vähän kuormitusta ympäristölle, mutta mahdollisimman paljon hyötyä omistajalleen (Ympäristöhallinto 2020).

**Omakäyttöasteella** tarkoitetaan sitä aurinkosähköllä tuotettua osaa, joka saadaan kulutettua samassa kiinteistössä (RT 103076 2019, 2).

**PV\*SOL-ohjelmisto** on aurinkosähköjärjestelmiin kehitetty ohjelma, jolla voidaan suunnitella aurinkosähköjärjestelmä kokonaisuudessaan.

**SFS-EN ISO 9001** on kansainvälinen laadunhallintastandardi, jonka tavoitteena on edistää prosessimaisen toimintamallin omaksumista osaksi laadunhallintajärjestelmän kehitystä ja käyttöönottoa (Suomen standardisoimisliitto SFS 2015).

**Spot-hinta** on niin kutsuttu ”raaka markkinahinta”, joka muodostuu sähköpörssiin syötettyjen osto- ja myyntitarjousten leikkauspisteessä (Nordic Green 2019).

**Verkkoinventteri** eli vaihtosuuntaaja muuttaa aurinkopaneeleista saatavan tassaähkön verkkoon syötettäväksi vaihtosähköksi (RT 103076 2019, 2).

**Wattipiikkiteho (Wp)** on teho, jonka aurinkopaneeli tuottaa standarditestiolosuhteissa, kun auringon säteilyenergia on  $1000 \text{ W/m}^2$ , lämpötila  $25^\circ\text{C}$  ja auringon spektriin vaikuttava ilmassa AM 1,5 (RT 103076 2019, 2).

## 2.2 Aurinkoenergian tuotto Suomessa

Aurinkopaneelisiin kohdistuva auringonsäteily koostuu suoraan tulevasta säteilystä ja hajasäteilystä. Hajasäteilyä muodostuu ilmakehästä, pilvistä ja maasta heijastuvasta säteilystä. Hajasäteilyn osuus kokonaissäteilystä on Suomessa merkittävä, esimerkiksi Etelä-Suomessa noin puolet vuosittaisesta säteilystä on hajasäteilyä. Aurinkosähkön tuotannon kannalta ei ole merkitystä, minkälaista säteilyä aurinkopaneelille kohdistuu. (Motiva 2019a.) Etelä-Suomessa auringon säteily määrä on noin  $1\,100 \text{ kWh}$  ja Keski-Suomessa noin  $1\,000 \text{ kWh}$  keräineliötä kohti. Säteilyn hetkelliseen määrään vaikuttaa ympäröivä ilmasto. (Tahkokorpi ym. 2016, 14.)

Yleisimmät Suomessa käytettävät aurinkosähköjärjestelmät ovat kiinteällä asennustelineellä varustettuja järjestelmiä. Markkinoilla on saatavilla aurinkoa seuraavia (tracking) järjestelmiä, joissa aurinkopaneelien alusta seuraa auringon liikettä kääntäen paneelit kohtisuoraan aurinkoon päin. Suomessa hajasäteilyn suuri osuus kokonaissäteilystä aiheuttaa sen, että aurinkoa seuraavat järjestelmät eivät ole yleisen käsityksen mukaan taloudellisesti kannattavia Suomen olosuhteissa. Normaaliin aurinkosähköjärjestelmään verrattuna ne perustuvat lähinnä suoran säteilyn tehokkaampaan hyödyntämiseen. (Motiva 2019a.)



## 3 Aurinkosähkö

### 3.1 Aurinkopaneelit

Aurinkopaneelit koostuvat sarjaan kytketyistä aurinkokennoista. Aurinkokennojen yleisin valmistusmateriaali yli 90 %:n markkinaosuudella on yksi- tai monikiteinen pii (kuva 1). Paksuudeltaan vain 160...240  $\mu\text{m}$  oleva piikenno on hauras, joten se tarvitsee ympärilleen suojaavan rakenteen. Piikennot ja kytkentäjohtot suojataan alumiinikehyksellä, tyhjiö laminoidaan lasilevyn ja taustakalvon väliin. (RT 103076 2019, 4.) Hyötysuhde piikidekennoista valmistetuilla aurinkopaneeleilla on tavallisesti 15–17 %. Ympäröivän ilman lämpötila vaikuttaa piistä valmistettujen kennojen hyötysuhteeseen. Viileä ilma parantaa piikidekennojen hyötysuhdetta. (Motiva 2019b.)



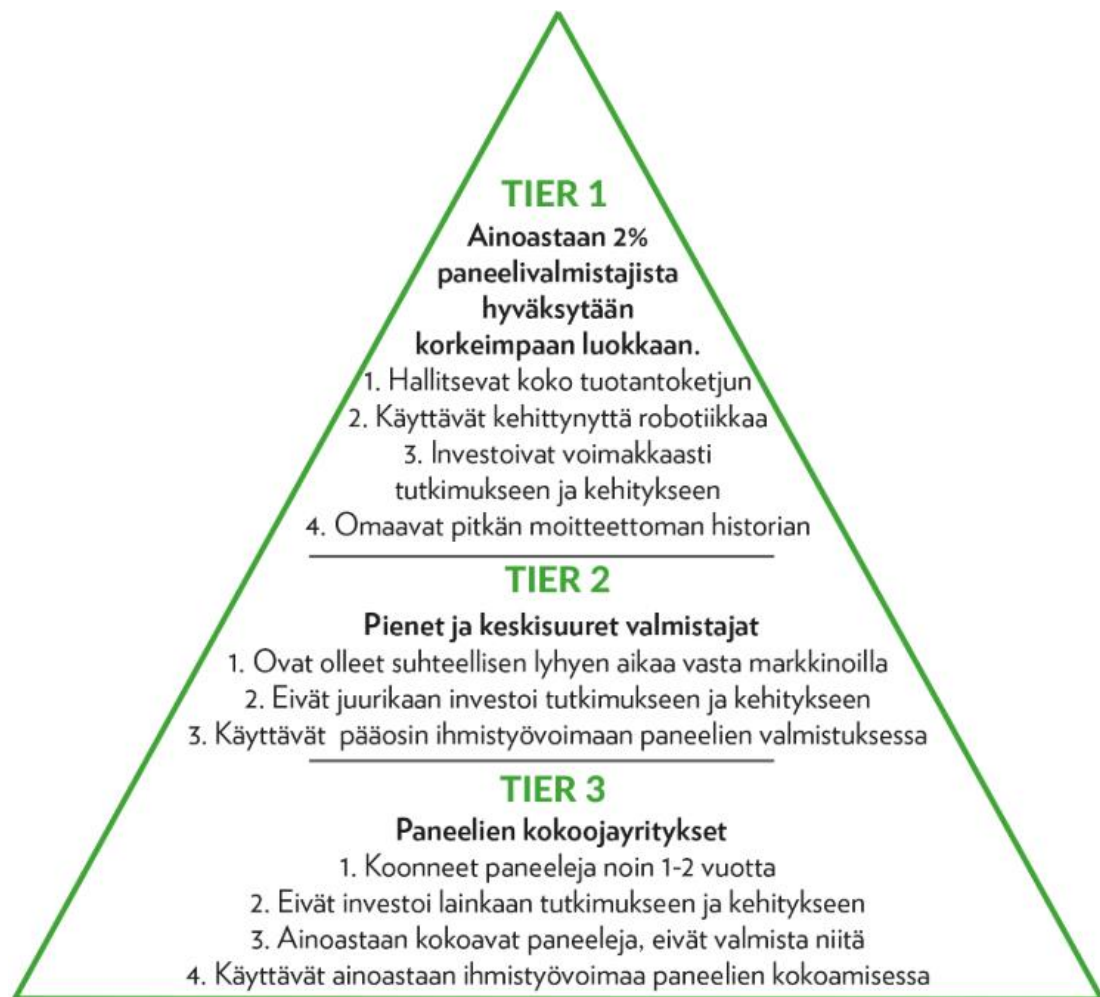
Kuva 1. Yksikiteinen piipaneeli (Motiva 2019b).

### 3.2 Aurinkopaneelien Tier-luokitus

Aurinkopaneelien suosituin luokitus maailmalla on Tier 1. Bloomberg New Energy Finance (BNEF) ylläpitää Tier 1 -luokitusta. Bloombergin asiantuntijaryhmät tekevät puolueettomia analyysejä ja ennusteita hyödyntäen maailman parhaita

tietolähteitä. Bloomberg tuottaa analyysejä maailman isoimmille yrityksille lähes jokaisella alalla ympäri maailman. (Lumme Energia Oy.)

Aurinkopaneelien Tier 1 -luokituksen avainsanoja ovat bank ability ja financial stability, eli vapaasti suomennettuna rahoitettavuus ja taloudellinen vakaus. Tier 1 -luokitus mittaa ja erottelee aurinkopaneelivalmistajista ne valmistajat, jotka täyttävät luokituksen kriteerit. Tier 1 -luokitus varmistaa pienimmän riskin investoida aurinkosähköön. Tier luokitusten perusteet on havainnollistettu seuraavassa kuvassa (kuva 2). (Lumme energia.)



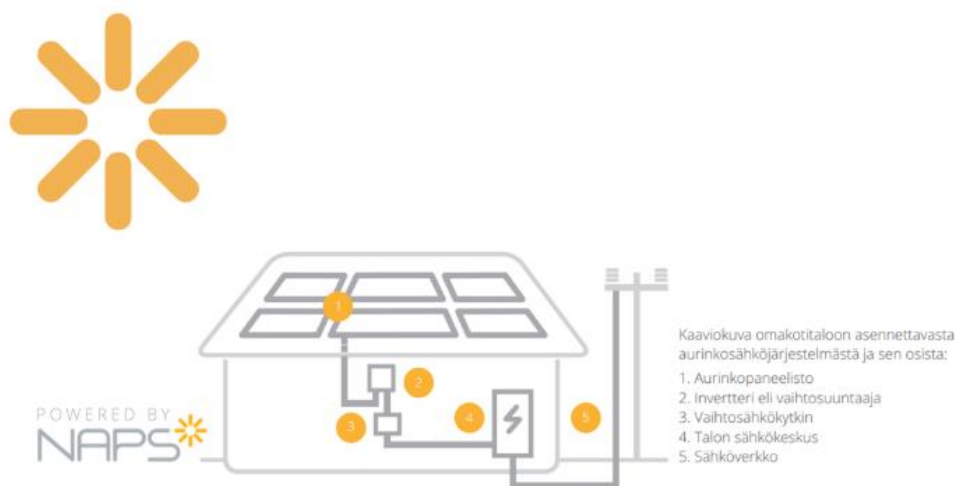
Kuva 2. Tier luokitukset (Lumme-Energia).

### 3.3 Aurinkosähköjärjestelmä

Verkostoksi kytketyistä aurinkopaneeleista muodostetaan aurinkosähköjärjestelmä esimerkiksi kiinteistön katolle, julkisivulle tai piha-alueelle (Naps Solar 2018a). Aurinkosähköjärjestelmät ovat joko verkkoon kytkettyjä (On-Grid) tai verkkoon kytkemättömiä, akustolla toimivia (Off-Grid) järjestelmiä. Akustolla toimivan aurinkosähköjärjestelmän käyttökohteet ovat yleensä sähköttömissä olosuhteissa, kuten vapaa-ajan asunnoissa olevia järjestelmiä. Verkkoon kytketyt aurinkosähköjärjestelmät ovat yleisesti käytössä esimerkiksi yrityksen toimitiloissa sekä omakotitaloissa. (Arevasolar).

### 3.4 On-Grid järjestelmä

On-Grid järjestelmä eli sähköverkkoon kytketty aurinkosähköjärjestelmä (kuva 3) koostuu aurinkopaneeleista, kiinnitystelineistä, vaihtosuuntaajista sekä oheistarvikkeista, kuten sähköjohdoista ja sulakkeista. Aurinkopaneelit asennetaan mahdollisimman aurinkoiseen ja varjottomaan paikkaan ja paneelit suunnataan mahdollisuuksien mukaan etelään. Aurinkosähköjärjestelmät liitetään osaksi kiinteistön energianhallintajärjestelmää verkkoinverttereillä, jotka mahdollistavat järjestelmän toiminnan optimaalisena osana kiinteistön sähköverkkoa. (Naps Solar 2018a.)



Kuva 3. Verkkoon kytketty aurinkosähköjärjestelmä (Naps Solar 2018a).

### 3.5 Ylituotetun aurinkosähkön myynti

Sähköverkkoon liitetyn aurinkovoimalan ylijäämäsähköä voidaan myydä, jos aurinkosähkön tuottaja on sopinut sähkönmyyjän kanssa ylijäämäsähkön myymisestä. Sähkön syöttäminen verkkoon on kielletty, ellei sähkölle ole ostajaa. (Motiva 2019c.) Ylijäämäsähköä ostavat yhtiöt löytyvät energiaviraston osoitteesta [www.sahkonhinta.fi](http://www.sahkonhinta.fi) (Caruna). Verkkoon syötetty sähkö mitataan tuntitasolla verkkoyhtiön sähkömittareilla, mittaus on tuottajalle ilmaista.

Ostosähkö hinnoitellaan yleensä sähköpörssin muuttuvan Spot-hinnan mukaan. Tuottaja saa verkkoon myymästään sähköstä suunnilleen saman hinnan, minkä hän joutuisi maksamaan ostosähköstään. Verkkoon syötetty myyntisähkö ei kuitenkaan sisällä sähkönsiirron ja veron osuutta, joka on tilanteen mukaan jopa kaksi kolmasosaa kokonaishinnasta. Kuvassa 4 havainnollistetaan osto- ja myyntisähkön suhdetta. Jakeluverkkoyhtiö voi periä verkkopalvelumaksua pientuottajan verkkoon syöttämästä sähköstä enintään 0,07 c/kWh. Kuva 5 havainnollistaa myynti- ja ostosähkön suhdetta. (Motiva 2019c.)



Kuva 4. Myynti- ja ostonsähkön suhde (Motiva 2019c).

### **3.6 Aurinkopaneelien asennus tasakatonle**

Yrityksille tulevissa ratkaisuisa tyypillisin asennustapa on kelluva tasakattoasennus, jossa kattoon ei tarvitse tehdä läpivientejä tai kiinnityksiä. Tasakattoasennukset eivät aiheuta merkittävää lisärasitusta kattorakenteille, mutta tarvittavat lujuuslaskelmat tulee kuitenkin tehdä ennen asennusta. Kelluva tasakattoasennus on erittäin nopea tehdä. (Naps Solar 2018b).

## **4 Aurinkosähköjärjestelmän mitoituserusteet**

Aurinkosähköjärjestelmän mitoituksen lähtökohtana on perusteltua pitää sitä, että mahdollisimman suuri osa tuotetusta aurinkosähköstä saadaan hyödynnettyä omassa kulutuksessa. Sähkön alhaisen myyntihinnan takia sähköverkkoon myytävä osa tulisi olla mahdollisimman pieni. (Motiva 2018a.) Mitoituksen tulisi vastata kiinteistön päiväkäytön aikaista pohjakulutusta ja mukailia kiinteistön kulutusprofiilia. Aurinkosähköjärjestelmän mitoitukseen vaikuttaa myös aurinkopaneelille käytettävissä oleva pinta-ala, ostosähkön hinta, myytävästä sähköstä saatava hinta ja järjestelmän yksikköhinta. (RT 103076 2019, 7.) Isoissa aurinkosähköjärjestelmä kohteissa pyritään saavuttamaan 95–100 % omakulutustaste.

Rakennuksen tai sen välittömässä läheisyydessä sijaitsevan aurinkosähköjärjestelmän vuosittainen energiantuotanto (kWh/vuosi) voidaan laskea menetelmällä, joka noudattaa Standardin SFS EN 15316-4-6 menettelytapaa, johon on liitetty kansainväliset kertoimet ja taulukkoarvot. Menetelmä ei käsittele sähkönsiirtoa, jakelua tai varastointia. Vuosienergian tuotto lasketaan sillä oletuksella, että tuotettu sähköenergia kulutetaan kohteessa joko suoraan tai varastoidaan akkuihin. (Heimonen 2011, 20.)

## **5 Investointilaskelmat**

### **5.1 Investoinnin kannattavuus**

Investoinnin kannattavuuteen vaikuttaa järjestelmän investointikustannus, investoinnista syntyvät juoksevat tuotot ja kustannukset, investointiaika, investointikohteen jäännösarvo sekä laskentakorkokanta (Tevä-Helminen 2013, 7). Aurinkosähköjärjestelmän investoinnin kannattavuuteen vaikuttaa oleellisesti myös sähkön ostohinta ja verkkoon myytävästä sähköstä saatava korvaus.

### **5.2 Perusinvestointi**

Perusinvestointi, kuten aurinkosähköjärjestelmän hankinta on suurehko kertakustannus, joka käynnistää juoksevien tuottojen ja kustannusten virrat. Perusinvestointi on päätöksentekohetkeä lähimmäksi ajoittuva investointi kustannus, joten sen määrittämiseen liittyy yleisesti vähemmän epävarmuustekijöitä kuin esimerkiksi investoinnin tuottoihin ja kustannuksiin. (Tevä-Helminen 2013, 8.)

### **5.3 Investoinnin tuotot ja kustannukset**

Investoinnin tuottoja ja kustannuksia on järkevää tarkastella vuositasolla yhdessä. Investoinnin pitoajalta on pystyttävä näkemään erillistuotot ja –kustannukset. Investointi voi joskus aiheuttaa pelkästään kustannussäästöjä, mutta tällaisessa tapauksessa on muistettava investoinnin järkevyys ja sille on asetettava tuottovaatimus. Kustannusten arviointi on huomattavasti helpompaa kuin tuottojen arviointi. (Yritystulkki.)

#### **5.4 Investoinnin pitoaika**

Investointihyödykkeen taloudellista käyttöaika yritykselle kutsutaan investoinnin pitoajaksi. Investoinnin pitoajalla voidaan tarkoittaa esimerkiksi aurinkopaneelien käyttöikää. Laskelmissa investoinnin pitoajalla on vaatimuksen luonne. (Yritystulkki.)

#### **5.5 Laskentakorkokanta**

Laskentakorkokanta on vieraan rahan saamisesta saatavaa korvausta. Investointia on ajateltava velkojana, joka perii koron myöntämästään lainasta. Korotonta rahaa ei ole, vaikka sitä nimeä ei aina käytettäisikään. Investoinnille on aina asetettava lainalle asetettu korkotuottovaatimus. Merkitys korkotuottovaatimuksella investointilaskennassa on se, että eri vuosina syntyvät tuotot ja kustannukset on mahdollista asettaa samalle viivalle investoinnin tekohetken kanssa. Koron huomioimista tulevissa tuotoissa ja kuluissa kutsutaan diskonttaamiseksi. (Yritystulkki.)

#### **5.6 Takaisinmaksuaika**

Investoinnin suoraa takaisinmaksuaikaa laskettaessa tarvitaan toimenpiteen energiakustannussäästöt tarkasteluhetken hintatason perusteella. Suora takaisinmaksuaika saadaan jakamalla hankkeen investointikustannukset energiakustannussäästöillä. Energiatehokkuusinvestoinnin kannattavuuden tarkastelussa suora takaisinmaksuaika toimii hyvänä mittarina. Suora takaisinmaksuaika ei kuitenkaan ota huomioon energian hinnan tai rahan arvon kehitystä, eikä sillä voida huomioida takaisinmaksuajan jälkeen saatavia tuottoja. Takaisinmaksuajan ylitäessä investoinnin tulevan käyttöiän ei investointi ole kannattava. (Motiva 2018b, 6.)

## **5.7 Sisäinen korko**

Sisäinen korko investoinnille on se laskentakorko, jolla investoinnin nettonykyarvo on nolla. Investointi, joka tehdään sisäisen korkokannan menetelmällä korostaa investoinnin kannattavuutta. (Motiva 2018, 7.)

# **6 Opinnäytetyön tavoite ja käytetyt menetelmät**

## **6.1 Opinnäytetyön tavoite**

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella Joensuussa sijaitsevalle yritysalueelle aurinkosähköjärjestelmä, jossa omakäyttöaste on suuri ja investointi on taloudellisesti kannattava. Aurinkosähköjärjestelmän mitoituksessa otettiin huomioon toimeksiantajan toive investoinnin lyhyestä takaisinmaksuajasta. Opinnäytetyön on tarkoitus edistää Broman Groupin tavoitetta parantaa kiinteistöjensä ekotehokkuutta aurinkosähkön avulla.

## **6.2 Opinnäytetyössä käytetyt menetelmät**

Aurinkosähköjärjestelmän mitoitukseen valikoitui PV\*SOL-ohjelma. Aurinkosähköjärjestelmän mitoitus tapahtui toimeksiantajan toimittaman todellisen tuntikohdaisen kulutustiedon pohjalta, joka liitettiin PV\*SOL-ohjelmaan.

Talouseläskelmat toteutettiin Excel -taulukkolaskentaohjelmalla. Ohjelmaan syötettiin PV\*SOL-ohjelmasta saadut tulokset sekä toimeksiantajalta saadut tiedot sähkön hinnasta ja investoinnin tuottovaatimuksesta. Järjestelmille laskettiin sisäinen korko, kustannusten nykyarvon ja tuottojen erotus sekä takaisinmaksu-aika korollisena ja korottomana. Tarjous aurinkosähköjärjestelmästä saatiin toimeksiantajan nimeämältä yritykseltä.



## 7 Tutkimuksen lähtötiedot

### 7.1 Mitoitettavan kiinteistön lähtötietojen selvitys

Tutkimuskohteena toimi Broman Group Oy:n omistaman kiinteistön osa Joensuu käpykankaalla. Kiinteistö on valmistunut vuonna 2016 ja sen lämmitysmuotona on kaukolämpö. Kiinteistön katon kokonaispinta-ala on noin 5 600 m<sup>2</sup>, josta mitoitettavan Motonet tavaratalon osuus on noin 3 600 m<sup>2</sup>. Motonet-tavaratalon osuus rakennuksesta on rajattu punaisella viivalla (kuva 5).

Kohteen katto on tasainen ja ainoat mahdolliset varjostavat tekijät kohteessa ovat kaakkoiskulmassa sijaitsevat puut. Kohteen suuren kattopinta-alan ansioista aurinkopaneelit voidaan suunnata kohtisuoraan etelään, pois puiden varjostamalta alueelta.



Kuva 5. Kuurnankatu 1 (Paikkatietoikkuna 2019).

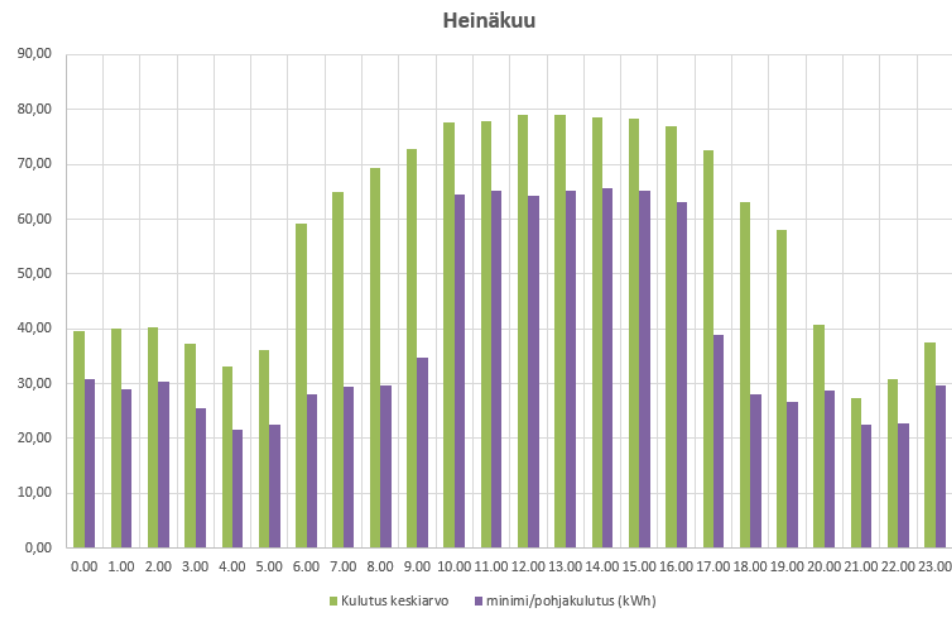
## 7.2 Kohdekiinteistön sähkönkulutus

Tutkimuskohteena olevasta kiinteistöstä on saatavilla ollut jo usean vuoden tuntikohtainen sähkönkulutustieto, joka saadaan omalta sähköyhtiöltä. Tässä kohteessa sähköyhtiönä on Pohjois-Karjalan Sähkö Oy. Opinnäytetyön toimeksiantaja toimitti Pohjois-Karjalan Sähköltä saamansa tuntikohtaisen sähkönkulutustiedon, josta saatiin määritettyä kiinteistön pohja- ja keskimuutokulutus mitoituksen kannalta olennaisilta kuukausilta (toukokuu-elokuu). Mitoituksen sähkönkulutustietona käytettiin vuosien 2017 ja 2018 keskiarvoa (taulukko 1).

Taulukko 1. Tuntikohtainen keski- ja pohjamuutokulutus keskiarvo 8.00–16.00 kesäkuukausilta 2017 ja 2018.

Tuntikohtainen kulutus	Toukokuu	Kesäkuu	Heinäkuu	Elokuu
Keskimuutokulutus/kWh	76,74	76,08	76,61	75,99
Pohjamuutokulutus/kWh	33,42	38,16	57,49	58,13

Kiinteistön kesäkuukausien tuntikohtainen kulutushuippu ajoittuu parhaalle aurinkosähkönmuutoktuottoajalle. Kuviosta 1 voidaan tarkastella kohdekiinteistön heinäkuun tuntikohtaista kulutuskeskiarvoa vuosilta 2017 ja 2018.



Kuvio 1. Heinäkuun tuntikohtainen kulutuskeskiarvo.

### **7.3 Sähkön hintatiedot**

Aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuslaskuissa käytettiin ensimmäisen vuoden ostosähkön hintana toimeksiantajalta saatua hintaa 0,0795 €/kWh. Verkkoon myytävän sähkön hinta määräytyy Spot-tuntihinnan ja myymisestä johtuvien kustannusten perusteella. Lain mukaan sähköyhtiö voi periä verkkopalvelumaksua verkkoon syötetystä aurinkosähköstä 0,07 senttiä/kWh (Juha Koskela 2019, 7). Opinnäytetyössä verkkoon myydyn aurinkosähkön korvauksena käytettiin 0,0356 €/kWh.

### **7.4 Investoinnissa huomioon otettavat tekijät**

Järjestelmän käyttöiäksi arvioitiin 30 vuotta ja laskentakorkokannaksi valittiin 5 %. Kannattavuuslaskuissa otettiin huomioon inverttereiden vaihtaminen 15 vuoden kohdalle ja invertterin hinta laskettiin nykyarvomenetelmää käyttäen. Kannattavuuslaskelmissa huomioitiin aurinkopaneeleiden tehon lasku 0,5 % vuodessa sekä sähkön hinnan vuosittainen 2 % nousu.

## **8 Aurinkosähköjärjestelmän toimittajan valinta**

Toimeksiantajan pyynnöstä aurinkosähköjärjestelmän tarjous pyydettiin Solarigo Systems Oy:ltä. Solarigo Systems on uusiutuvaa aurinkosähköä tarjoava suomalainen energiayhtiö, jonka pääomistaja on Lumme Energia Oy. Solarigo Systems Oy:n osake-enemmistö siirtyi Lumme Energia Oy:n omistukseen 13.6.2019. (Solarigo Systems.)

Solarigolla Systemsillä on panostettu aurinkosähköjärjestelmien laadukkaaseen myyntiin, suunnitteluun ja toteutukseen. Todisteena laadusta Solarigolle System-

sille myönnettiin 11.3.2020 ISO 9001 -laadunhallintasertifikaatti. Sertifikaatti sisältää aurinkosähköjärjestelmän myynnin, suunnittelun, projektihallinnan, asennuksen ja ylläpidon sekä aurinkosähkön myynnin. (Solarigo Systems.)

### **8.1 Kohteessa käytettävät aurinkopaneelit**

Mitoitettavan kohteen aurinkopaneeleiksi toimittaja suositteli Jinko Solar JKM335M-60 aurinkopaneeleita (kuva 6). Aurinkopaneelit ovat tyypiltään mono-eli yksikidepaneelit ja niiden teho on 335 Wp/paneeli. Aurinkopaneeleiden hyötysuhde on 20.08 % ja tehontuottotakuu 25 vuotta. Aurinkopaneeleiden mitat ovat 1665 x 1002 x 25 mm ja paino 19 kg/paneeli. Aurinkopaneelit ovat Tier 1 -luokiteltuja. (Solarigo Systems.)



Kuva 6. Jinko Solar JKM335M-60 yksikidepaneeli (Jinkosolar).

### **8.2 Kohteessa käytettävät verkkoinvertteri**

Aurinkosähköjärjestelmässä käytettäväksi verkkoinverttereiksi valittiin kolmivaiheinen Huawei SUN 2000 36KTL invertteri (kuva 7). Invertterin teho on 36 kW. Invertterin takuu on 5 vuotta. (Solarigo Systems.) Invertterin tyypillinen käyttöaika on noin puolet aurinkopaneeleiden käyttöajasta.



Kuva 7. Huawei Sun 2000-36KTL (Solaryours)

### 8.3 Kohteessa käytettävät asennustelineet

Aurinkopaneelien asennustelineiksi valittiin alumiiniset Soltop Duraklick ECO telineet (kuva 8). Telineiden kallistuskulma on 20 astetta ja takuu 10 vuotta. (Solarigo Systems.)



Kuva 8. Soltop Duraklick ECO (Soltop)

## 9 Tutkimuskohteen aurinkosähköjärjestelmän mitoitus

### 9.1 Tutkimuskohteen aurinkosähköjärjestelmän mitoitus PV\*SOL-ohjelmalla

Mitoituksen alussa PV\*SOL-ohjelmasta valitaan mitoittettavan kohteen sijaintitieto. Sijaintiedon perusteella ohjelma lataa mitoitukseen tarvittavat auringonsäteilymäärät ja paistetunnit huomioiden kohteen sijainnin.

PV\*SOL-ohjelmaan syötetään sähköntoimittajalta saatu tuntikohtainen kulutusraportti, jonka perusteella ohjelma tekee kulutusraportin. Ohjelma vertaa aurinkosähköjärjestelmän tuottoa kulutustietoon ja määrittelee omaan käyttöön ja myyntiin menevän sähkön osan. Mahdollisimman todenmukaisen kulutustiedon saamiseksi mitoituksessa käytettiin vuoden 2017 ja 2018 kulutustietojen keskiarvoa.

Ohjelmasta löytyy kattava valikoima aurinkopaneeleita ja verkkoinverttereitä. Mahdollisimman hyvän mitoitus tuloksen saamiseksi kannattaa käyttää niitä laitteita, joita kohteessa tullaan käyttämään. Tässä mitoituksessa käytettiin kohdassa 7.5 mainittuja laitteita.

Kun PV\*SOL-ohjelmaan on syötetty tarvittavat lähtötiedot, voidaan lähteä mitoittamaan sopivaa aurinkosähköjärjestelmän kokoa. Opinnäytetyön kohteessa sopivan järjestelmän kokoa lähdettiin hakemaan toimeksiantajan toiveiden perusteella.

Erikokoisia järjestelmiä kokeilemalla saatiin valikoitua vertailuun muutama eri kokoinen järjestelmä, joiden omakulutusaste sijoittuu 95–100 % välille. Taulukosta 2 voidaan todeta, että 80,4kWp, 100,5 kWp ja 126,3 kWp kokoiset järjestelmät sijoittuvat lähtökohtaisesti toivottuun 95–100 % omakulutusasteeseen. Järjestel-

män valinnassa tulee kuitenkin huomioida, ettei 100 % omakulutusaste välttämättä ole paras vaihtoehto. Esimerkiksi 95 % omakulutusasteeseen mitoitettu 126,3 kWp järjestelmä tuottaa tässä kohteessa omaan käyttöön 20,8 % enemmän sähköä kuin 100,5 kWp:n järjestelmä, jonka omakulutusaste on 100 % (taulukko 3).

Taulukko 2. Erikokoisten järjestelmien omakulutusaste.

<b>Järjestelmän koko (kWp)</b>	<b>80,4</b>	<b>100,5</b>	<b>126,3</b>	<b>150,75</b>	<b>174,2</b>
<b>Omakulutusaste</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>95 %</b>	<b>90 %</b>	<b>85 %</b>

## 9.2 Tarjous mitoitetusta aurinkosähköjärjestelmästä

Solarigon toimittaman aurinkosähköjärjestelmän hinta on 800 €/kWp (alv 0 %). Tarjous sisältää aurinkopaneeleiden, asennustelineiden, inverttereiden ja asennuksen lisäksi kaikki tarvittavat oheistuotteet, kuten DC-kaapelit, liittimet, DC- ja AC-turvakytkimet, lankahyllyt, telinepainot sekä muut tarvittavat sähkötarvikkeet. Aurinkosähköjärjestelmän elinkaaren aikana uusittavien Huawei SUN 2000 36KTL-inverttereiden hinta kappaleelta on 2 600 € (alv 0 %).

Uusiutuvan energian tuotantoon ja/tai käyttöön on mahdollista saada energiatukea, joka on aurinkosähköhankkeisiin 1.5.2019 alkaen 20 %. Pääsääntöisesti innovaatorahoituskeskus Business Finland käsittelee energiatukihakemukset. Jos hanke liittyy uuteen teknologiaan, ja sen kustannukset ylittävät yli miljoona euroa tai vanhan teknologian hankkeen kustannukset ylittävät 5 miljoonaa euroa, tuesta päättää Työ- ja elinkeinoministeriö. (Business Finland 2019.)

### 9.3 Aurinkosähköjärjestelmän hankintakustannukset

Aurinkosähköjärjestelmän hankintakustannuksiin vaikuttavat järjestelmän koko ja aurinkosähköjärjestelmän yksikköhinta (€/Wp). Erikokoisten aurinkosähköjärjestelmien hankintakustannuksia vertaillaan taulukossa 3. Järjestelmän hankintakustannuksissa on otettu huomioon energiatuki 20 %.

Taulukko 3. Investointi hinta.

Järjestelmän koko	Investointi kustannus
80,4 kWp	51 456,00 €
100,5 kWp	64 320,00 €
126,3 kWp	80 832,00 €

### 9.4 Aurinkosähköjärjestelmän sähköntuoton arviointi

Taulukossa 4 esitetään kolmen erikokoisen järjestelmän vuosittaista aurinkosähkön tuottoa ja sitä osaa, mikä tuotetusta sähköstä menee omaan kulutukseen ja mikä myyntiin. Aurinkosähkön tuottoennusteet saatiin PV\*SOL-ohjelmasta.

Taulukko 4. Erikokoisten järjestelmien ensimmäisen vuoden aurinkosähkön tuottoennuste.

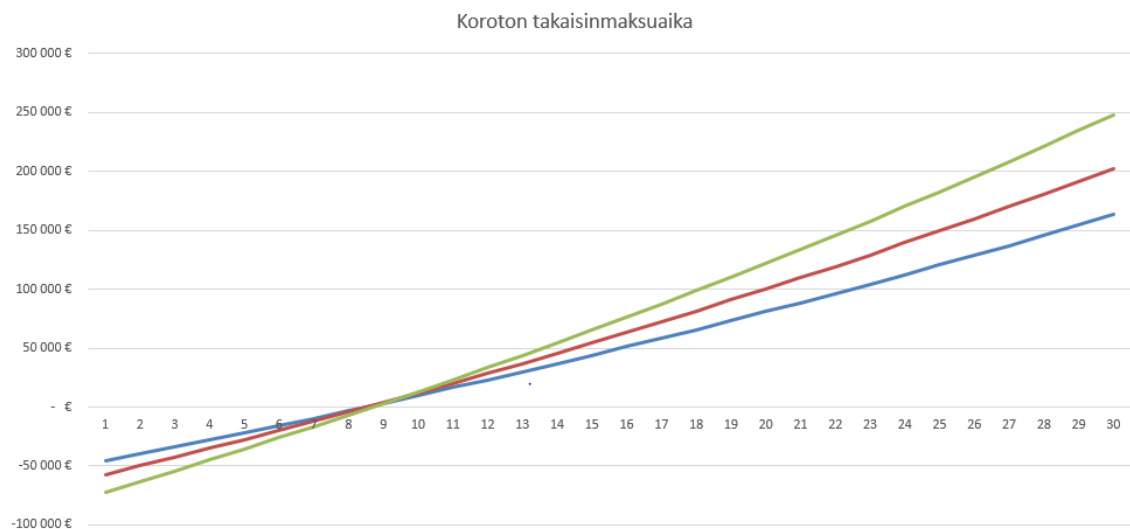
Järjestelmän koko	80,4 kWp	100,5 kWp	126,3 kWp
Tuotto	72 113 kWh	89 795 kWh	113 355 kWh
Omaan kulutukseen	72 012 kWh	89 387 kWh	107 942 kWh
Myyntiin	101 kWh	408 kWh	5413 kWh



## 9.5 Kohteeseen sopivan kokoisen aurinkosähköjärjestelmän valinta

Aurinkosähköjärjestelmän koroton takaisinmaksuaika laskettiin taulukossa 3 esitettyjen erikokoisten aurinkosähköjärjestelmien investointihintojen, kappaleessa 7.3 esitettyjen sähkönhintojen sekä PV\*SOL- ohjelmasta saatujen aurinkosähköjärjestelmän vuosituottoennusteen ja omakulutusasteen perusteella.

Vertailemalla 80,4 kWp (sininen viiva), 100,5 kWp (punainen viiva) ja 126,3 kWp (vihreä viiva) kokoisten järjestelmien korotonta takaisinmaksuaikaa (kuvio 2) voidaan huomata, että kaikkien kolmen erikokoisen järjestelmän koroton takaisinmaksuaika on 8–9 vuoden välillä, mutta isoimman 126,3 kWp järjestelmän mahdollinen tuotto tulevaisuudessa on suurin. Korottoman takaisinmaksuajan ja omakulutusasteen perusteella kohteeseen valittiin 126,3 kWp kokoinen järjestelmä.

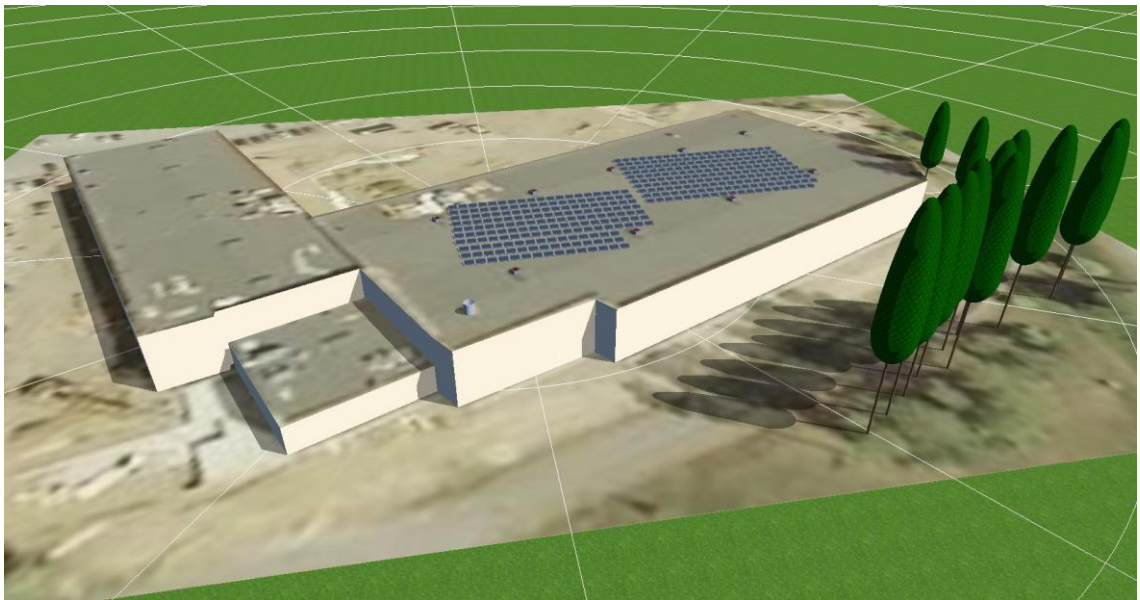


Kuvio 2. Erikoisten järjestelmien koroton takaisinmaksuaika.

## 10 Tutkimuskohteeseen mitoitettun järjestelmän tarkastelu

### 10.1 3D-mallinnus

PV\*SOL-ohjelmalla tehtiin 3D-mallinnus mitoitettavasta kohteesta. 3D-mallinnuksen avulla kohteeseen mitoitettu aurinkosähköjärjestelmä voitiin sijoittaa parhaalle mahdolliselle aurinkosähkön tuottopaikalle. Piirretyn mallinnuksen avulla oli mahdollista tutkia varjostumien aiheuttamaa sähköntuotto häviöitä (kuva 9). Kohteen suuren kattopinta-alan ansiosta aurinkopaneelit voitiin sijoittaa varjottomaan paikkaan ja asennustelineet 1,3 metrin etäisyyteen toisistaan mahdollisten varjostumien ehkäisemiseksi. PV\*SOL-ohjelman mukaan kohteen katolle sijoitetun aurinkopaneeliston tehohäviö varjostumien takia oli 5,3 % luokkaa.



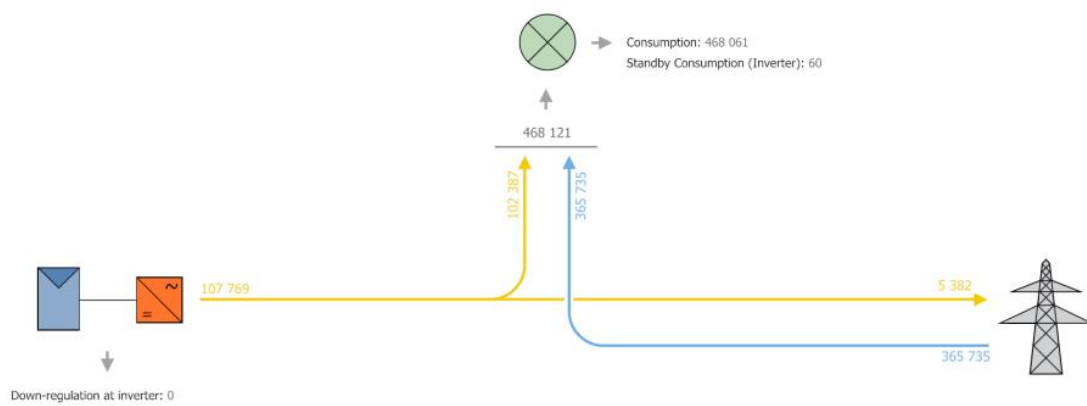
Kuva 9. 3D-mallinnus Motonettiin mitoitetusta aurinkosähköjärjestelmästä.

## 10.2 Aurinkosähkön tuottoennuste 3D-mallinnuksella

Kohteen lähtötietojen ja 3D-mallinnuksen perusteella PV\*SOL-ohjelma laski tarkan aurinkosähkön vuosituottoennusteen sekä eritteli omaan käyttöön ja verkkoon syötettävän sähkön osuudet. Kuvassa 10 esitetään 126,3 kWp:n järjestelmän ensimmäisen vuoden aurinkosähkön vuosituottoennustetta sekä tuotetusta sähköstä omaan kulutukseen menevää osaa.

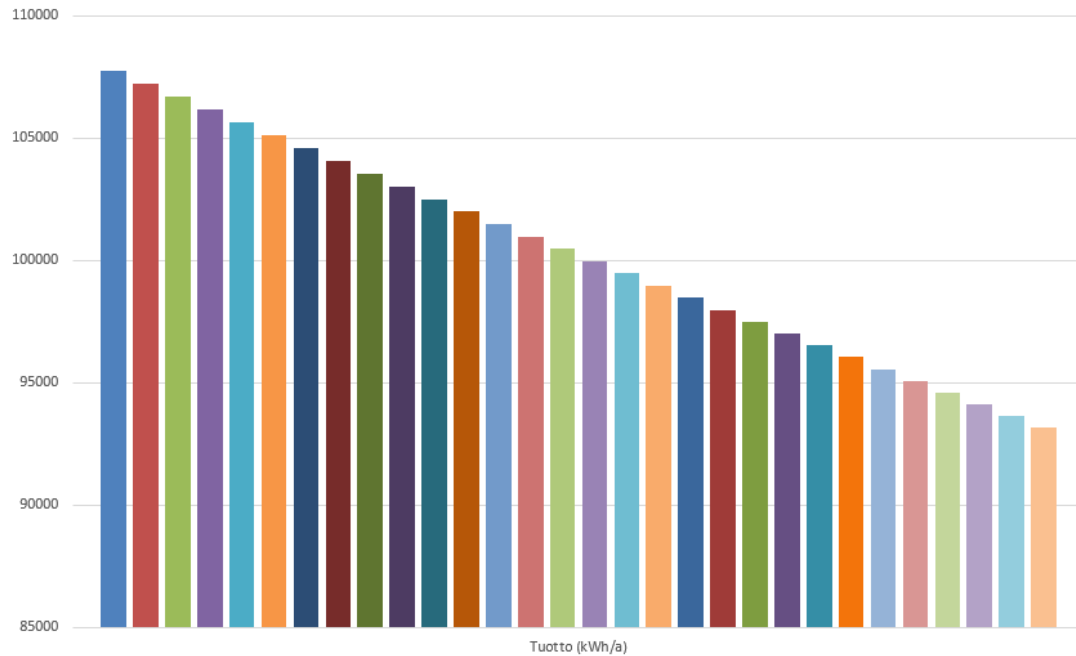
Energy Flow Graph

Project: Motonet\_126,3kWp



Kuva 10. Aurinkosähkijärjestelmän tuottaman energian virtaama.

Aurinkosähkijärjestelmän ensimmäisen vuoden aurinkosähkön tuottoennuste 3D-mallinnuksen mukaan oli 107 769 kWh ja ottaen huomioon aurinkopaneeleiden tehon laskun 0,5 % vuosittain, tuotto 30 vuoden kuluttua on 93 189 kWh (kuvio 3). Aurinkosähkön tuottoennuste poikkeaa jonkin verran taulukossa 4 esiteytyistä luvuista, sillä ilman 3D-mallinnusta lasketuissa aurinkosähkön tuottoennusteissa PV\*SOL-ohjelma ei ota huomioon mahdollisia varjostumien aiheuttamia tuottohäviöitä.

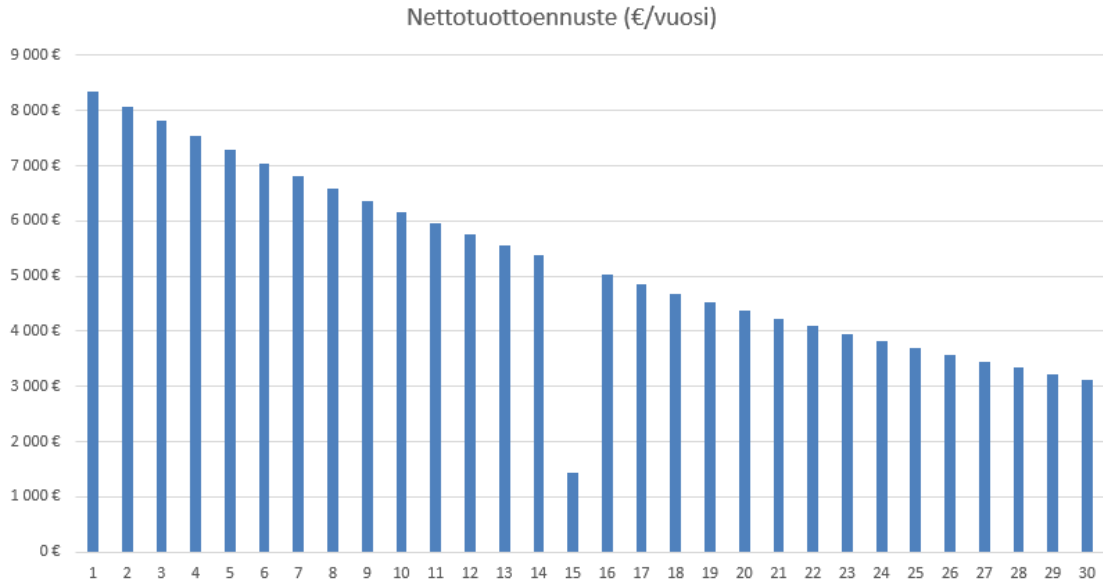


Kuvio 3. Aurinkosähköjärjestelmän vuosituottoennuste 30 vuoden ajalta.

### 10.3 Nettotuottoennuste

Kuviossa 4 esitetyn vuosittaisen aurinkosähkön nettotuoton arvio 30 vuoden ajalle on tehty järjestelmän sähkön tuoton (taulukko 4) ja kappaleessa 7.3 esitettyjen sähköhintojen pohjalta. Aurinkosähkön nettotuotto arvioissa on otettu huomioon sähköhintojen vuosittainen 2 % nousu ja 5 % laskentakorko.

Inverttereiden uusinnan kustannusarvio 15 vuoden kohdalla on 7 800 €. Erikoisten järjestelmien vertailun tasapuolisuuden vuoksi vuosittaisessa aurinkosähkön nettotuottoennusteessa käytettiin taulukon 4 sähköntuottoennustetta.



Kuvio 4. Aurinkosähkijärjestelmän nettotuotto ennuste 30 vuoden ajalta.

#### 10.4 Järjestelmän investoinnin kannattavuus

Taulukossa 5 on esitetty 126,3 kWp kokoisen järjestelmän investointikustannusten ja tuottojen nykyarvon erotus, takaisinmaksuajat korollisena ja korottomana sekä investoinnin sisäinen korko. Tarkastelun perusteella 126,3 kWp:n kokoisen järjestelmän investointikustannusten ja tuottojen nettonykyarvon erotus 30 vuoden päästä on 75 251 €. Takaisinmaksuaika korollisena on 12 vuotta. 126,3 kWp:n kokoinen järjestelmä on investointina kannattava, ja sen takaisinmaksuaika korollisenakin on lyhyt suhteessa aurinkosähkijärjestelmän oletettuun käyttöikänsä (taulukko 5).

Taulukko 5. Järjestelmän investoinnin kannattavuus.

<b>Järjestelmän koko</b>	<b>126,3 kWp</b>
<b>Investoinnin kustannus</b>	<b>80 832,00 €</b>
<b>Tuottojen nykyarvo</b>	<b>156 083,00 €</b>
<b>Erotus</b>	<b>75 251,00 €</b>
<b>Takaisinmaksuaika Koroton</b>	<b>9 Vuotta</b>
<b>Takaisinmaksuaika Korollinen</b>	<b>12 Vuotta</b>
<b>Sisäinen korko</b>	<b>11,74 €</b>

## **11 Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelussa huomioon otettavat luvat**

### **11.1 Sähköverkkoon liittyminen**

Aurinkovoimalan käyttöönottotarkastuksissa noudatetaan SFS-EN 62446:n vaatimuksia. Käyttöönottotarkastukset tehdään aurinkosähköjärjestelmän ja ryhmäjohtokytkentöjen osalta kaikille verkkoon kytkettäville aurinkosähköjärjestelmille, ja niistä täytetään asianmukaiset pöytäkirjat (ST 55.36 ja ST 51.21.06). (RT 103076 2019, 14.)

Kaikki vaihtovirtapiireille tehtävät testit toteutetaan ja dokumentoidaan standardin SFS 6000-6 vaatimusten mukaisesti. Kun vaihtovirtapiiri on testattu, tehdään tasavirtapiirille vähintään seuraavat testaukset:

- suojamaadoitusjohtimien jatkuvuus
- paneeliketjujen napaisuus
- paneeliketjun avoimenpiirin jännite
- paneeliketjun oikosulkuvirta
- laitoksen toiminnallisuus
- tasasähköpiirien eristysresistanssi.

Tarkemmat selostukset testien suorittamisesta ja noudatettavista raja-arvoista löytyvät standardista SFS-EN 62446. Kaikki tulokset kirjataan yksilöityyn käyttöönottopöytäkirjaan, jonka testeistä vastaava henkilö allekirjoituksellaan tai muulla tavoin vahvistaa. Käyttöönottopöytäkirja liitetään osaksi aurinkovoimalaitoksen dokumentaatiota. (RT 103076 2019, 14.)

Kohdekiinteistön sähköverkko kuuluu osaksi Carunan jakeluverkostoa. Sähköurakoitsija lähettää tuotantolaitteiston tiedot Carunalle yhteystietolomakkeella, jonka jälkeen Caruna varmistaa laitteiston liitettävyyden sähköverkkoon ja antaa sille kytkentäluvan. Kun tuotantolaitteisto on kytketty verkkoon, Caruna käynnistää sähkömittarissa kaksisuuntaisen mittauksen kiinteistön sähköverkon ja jakeluverkon välille. (Caruna.)

## **11.2 Lupa-asiat**

Maankäyttö- ja rakennuslaki edellyttää toimenpideluvan hankkimista suuriin tai kaupunkikuvan kannalta merkittäviin aurinkosähköjärjestelmiin. Hanke edellyttää pääsuunnittelijan ja vastaavan työnjohtajan nimeämistä (RT103076 2019, 7).

Joensuun kaupungin internetsivuilta on saatavissa lupahakemuslomake, jonka liitteeksi tarvitaan selvitys toimenpiteestä valokuvineen. Suuremmissa hankkeissa tarvitaan lisäksi asema- ja julkisivupiirroksat.

## 12 Pohdinta

Oli mielekästä tehdä opinnäytetyö nykyiselle työnantajalleni ja todelliseen tarpeeseen, sillä Broman Groupin tavoitteena on tuottaa hiilineutraalia aurinkosähköä ja tehdä se taloudellisesti kannattavasti. Opinnäytetyön lähtötietojen saaminen ja sisällöstä keskusteleminen onnistui tutussa yrityksessä sujuvasti. Aurinkosähköjärjestelmän rakentaminen Joensuun Motonet-tavaratalolle ajoittuu kesälle 2020.

Mitoituksessa aurinkosähköjärjestelmän sopivaksi kooksi osoittautui 126,3 kWp kokoinen järjestelmä. Kooltaan 126,3 kWp järjestelmän omakulutusaste on halutulla tasolla ja talouslaskelmissa järjestelmä osoittautui taloudellisesti kannattavaksi.

Kohteen suuren sähkön kulutuksen ja suuren kattopinta-alan sekä osto- ja myyntisähkön pienen hintaeron vuoksi kohteeseen olisi mahdollista asentaa huomattavasti suurempikin aurinkosähköjärjestelmä, mikä olisi elinkaaritarkastelulla kannattavampi vaihtoehto. Isomman järjestelmän riskit olisivat kuitenkin suuremmat ja takaisinmaksuaika nousisi 20 vuoden kohdille.

Sähkönhinnan kehitystä tulevaisuudessa ei voi ennustaa luotettavasti ja aurinkosähköjärjestelmien yksikköhinnat ovat laskeneet viime vuosina, joten suuremman järjestelmän hankinta ei välttämättä ole taloudellisesti kannattavaa.



## Lähteet

- Areva Solar Oy. Aurinkosähköjärjestelmä. <http://www.arevasolar.fi/fi/aurinkosahkojarjestelma>. 10.5.2020.
- Business Finland. 2019. <https://www.businessfinland.fi/energiatuki/>. 10.5.2020.
- Caruna Oy. 2020. Muu pientuotanto. <https://www.caruna.fi/palvelut/oma-sahkontuotanto/muu-pientuotanto>. 10.5.2020
- Heimonen, I. 2011. Aurinko-opas 2012. Aurinkolämmön ja -sähkön energiantuoton laskennan opas. <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwj27Ln0yPrjAhV6AxAl-HUv7BelQFjAAegQIABAC&url=http%3A%2F%2Fwww.ym.fi%2Fdownload%2Fnoname%2F%257BF4F73E83-56AF-4112-AD7B0E1F1804D38B%257D%2F30750&usg=AOvVaw3vDC3D2Zxi aPsV54HQQSSP>. 10.5.2020.
- Jinko Solar. JKM325-345M-60H. [https://www.jinkosolar.com/uploads/CheetahPerc%20JKM325-345M-60H-\(V\)-A3-EN.pdf](https://www.jinkosolar.com/uploads/CheetahPerc%20JKM325-345M-60H-(V)-A3-EN.pdf). 10.5.2020.
- Koskela, J. 2019. Sähkön varastointi edistää aurinkosähköjärjestelmän pientuotantoa. [https://tt.eduuni.fi/sites/EL\\_TRAN/Julkiset%20tiedostot/Juha%20Koskela%20et%20al.,%20S%C3%A4hk%C3%B6n%20varastointi%20edist%C3%A4%C3%A4%20aurinkos%C3%A4hk%C3%B6n%20pientuotantoa.pdf](https://tt.eduuni.fi/sites/EL_TRAN/Julkiset%20tiedostot/Juha%20Koskela%20et%20al.,%20S%C3%A4hk%C3%B6n%20varastointi%20edist%C3%A4%C3%A4%20aurinkos%C3%A4hk%C3%B6n%20pientuotantoa.pdf). 10.5.2020.
- Lumme Energia Oy. Laadukkaat aurinkopaneelimme. <https://www.lumme-energia.fi/aurinkosahko/laadukkaat-aurinkopaneelimme>. 10.5.2020.
- Motiva Oy. 2017a. Auringosta sähköä. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon\\_perusteet/auringosta\\_sahkoa](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringosta_sahkoa). 10.5.2020.
- Motiva Oy. 2018a. Aurinkosähköjärjestelmän mitoitus. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/hankinta\\_ja\\_asennus/aurinkosahkojarjestelman\\_mitoitus](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/hankinta_ja_asennus/aurinkosahkojarjestelman_mitoitus). 10.5.2020.
- Motiva Oy. 2018b. Toimenpiteen taloudellinen kannattavuus laskurin ohje 2018. [https://www.motiva.fi/files/14771/Toimenpiteen\\_taloudellinen\\_kannattavuus\\_laskurin\\_ohje\\_2018.pdf](https://www.motiva.fi/files/14771/Toimenpiteen_taloudellinen_kannattavuus_laskurin_ohje_2018.pdf). 10.5.2020.
- Motiva Oy. 2019a. Auringonsäteilyn määrä Suomessa. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon\\_perusteet/auringonsateilyn\\_maara\\_suomessa](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringonsateilyn_maara_suomessa). 10.5.2020.
- Motiva Oy. 2019b. Aurinkosähkötöknologiat. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelmat/aurinkosahkoteknologiat](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelmat/aurinkosahkoteknologiat). 10.5.2020.

- Motiva Oy. 2019c. Ylijäämäsähkön myynti. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelman\\_kaytto/ylijäämasahkon\\_myynti](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelman_kaytto/ylijäämasahkon_myynti). 10.5.2020.
- Naps Solar Oy. 2018a. Älykäs aurinkosähköjärjestelmä. <https://www.napssolar.com/fi/aurinkosahko/alykas-aurinkosahkojarjestelma>. 10.5.2020.
- Naps Solar Oy. 2018b. Aurinkosähköjärjestelmän toteutustavat. <https://www.napssolar.com/fi/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelman-toteutustavat>. 10.5.2020.
- Paikkatietoikkuna.2019. <https://kartta.paikkatietoikkuna.fi/> 10.5.2020
- RT 103076. 2019. Rakennustieto. Verkkoon kytketyt aurinkosähköjärjestelmät. RT-kortisto. <https://www.rakennustietokauppa.fi/rt-103076-verkkoon-kytketyt-aurinkosahkojarjestelmat/114785/dp>. 10.5.2020.
- Solar Yours. Huawei Sun 2000 36KTL. <https://www.solaryours.com/products/huawei-sun2000-36ctl/>. 10.5.2020.
- Solarigo Systems. Yritys. <https://www.solarigo.fi/yritys>
- Soltop. Duraklick ECO. <https://www.soltop.eu/en/mounting-systems/duraklick-eco.html>. 10.5.2020.
- Suomen Standardisoimisliitto SFS. 2015. ISO 9001:2015. [https://www.sfs.fi/julkaisut\\_ja\\_palvelut/tuotteet\\_valokeilassa/iso\\_9000\\_laadunhallinta/iso\\_9001\\_2015](https://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/tuotteet_valokeilassa/iso_9000_laadunhallinta/iso_9001_2015). 10.5.2020.
- Tahkokorpi, M., Erat, B., Hänninen, P., Nyman, C., Rasinkoski, A. & Wiljander, M. 2016. Aurinkoenergia Suomessa. Helsinki: Into Kustannus. 10.5.2020.
- Tevä-Helminen, V. 2013. Investointilaskenta ja päätöksenteko. <https://docplayer.fi/495691-Metropolia-ammattikorkeakoulu-investointilaskenta-ja-paatoksenteko-opetusmoniste.html>. 10.5.2020.
- Ympäristöhallinto. 2020. Rakennuksen energia- ja ekotehokkuus. [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Rakennuksen\\_energia\\_ja\\_ekotehokkuus](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Rakennuksen_energia_ja_ekotehokkuus). 10.5.2020.
- Yritystulkki. Investoinnin kannattavuus. <https://www.yritystulkki.fi/fi/alue/oulu/aloittava-yrittaja/suunnittelu/taloussuunnitelmat/investoinninkannattavuus/>. 10.5.2020.