

Mikko Hirsimäki

# **Tuotantorakennuksen sähkösuunnittelu**

Aurinkoenergiavarustelu

Opinnäytetyö

Kevät 2020

SeAMK Tekniikka

Automaatiotekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Seinäjoen ammattikorkeakoulu, Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Automaatiotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Sähköautomaatiotekniikka

Tekijä: Mikko Hirsimäki

Työn nimi: Tuotantorakennuksen sähkösuunnittelu

Ohjaaja: Ismo Tupamäki

Vuosi: 2020 Sivumäärä: 37 Liitteiden lukumäärä: 4

---

Työn tarkoituksena oli perehtyä ja tuottaa teollisuuteen rakennettavan, nykyaikaisen tuotantorakennuksen sähkösuunnitelma Aukon Service Oy:lle. Suunnitelmassa otettiin huomioon yrityksen tuotannolliset tarpeet, erityisvaatimukset sekä sähköturvallisuus. Suunnitelmat piirrettiin Kyndata Oy:n CADMATIC EAC 18 -ohjelmalla. Suunnitelma tuotti komponenttiluettelon, layout-, keskuskaavio- ja syöttökaapelointikuvat.

Lisäksi työssä tarkasteltiin aurinkoenergian tuottamista yrityksen omaan tarpeeseen, samalla pohdittiin myös sen kannattavuutta. Työ on ajankohtainen, sillä yhteistyötaholla on tarve laajentaa kokoonpano- ja tuotantotilojaan. Samalla yrityksen kasvaessa omavaraisuusasteen nosto on hyödyksi kestävä kehityksen näkökulmasta.

Työn lopputuloksena tuotettiin toteuttamiskelpoinen sähkösuunnitelma tuotantohallin sähköjärjestelmän rakentamiseen ja budjettilaskelmaan. Projektiin suunnitellun aurinkosähköjärjestelmän mitoitus saatiin tukemaan teoriaa. Järjestelmälle saatiin määritettyä takaisinmaksuaika sekä aurinkoenergian mahdollistavat säästöt.

Avainsanat: sähkösuunnitelma, energiatehokkuus, älyohjaus, aurinkoenergia, sähköturvallisuus

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology

Degree programme: Automation Engineering

Specialisation: Electric Automation

Author: Mikko Hirsimäki

Title of thesis: Electrical Plan for a Manufacturing Facility

Supervisor: Ismo Tupamäki

Year: 2020

Number of pages: 37

Number of appendices: 4

---

The purpose of this thesis was to create an electrical plan for the modern industrial manufacturing facility of Aukon Service. The plan concerned the company's production needs, special requirements and electrical safety. The plans were drawn with Kyndata Oy's CADMATIC EAC 18 program. The plan produced a list of components, a layout, central diagram, and feeder cabling images.

In addition, the thesis examined the production of solar energy for the company's own needs and assessed its profitability. The work is topical, as the company needs to expand its assembly and production facilities. In addition, increasing self-sufficiency is beneficial from the sustainability point of view.

As the result of this thesis, a feasible electrical plan for the electrical system of the production hall was created, including its budget. The dimensioning of the designed solar power system supported the theory. Payback time and the savings enabled by the use of solar energy were calculated.

Keywords: electrical plan, energy efficiency, smart control, solar power, electrical safety

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuva- ja taulukkoluetelo .....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet .....	7
1 JOHDANTO .....	8
1.1 Työn tausta ja tavoite.....	8
1.2 Työn rakenne .....	8
1.3 Yhteistyötaho - Aukon Service Oy.....	9
2 SÄHKÖSUUNNITTELU .....	10
2.1 Sähkösuunnitteluohjelmat.....	10
2.2 Sähkösuunnittelun dokumentit.....	10
2.3 Tietoliikenne .....	11
2.4 Valaistus .....	13
2.5 Turvallisuus .....	14
2.6 Aurinkoenergia.....	15
2.6.1 Paneelit.....	16
2.6.2 Invertteri.....	19
3 KOHDE JA KOMPONENTTIEN VALINNAT.....	20
3.1 Suunnittelun lähtötiedot.....	20
3.2 Valaistus .....	21
3.3 Käyttösähkö ja koneiden sähkösyötöt.....	22
3.4 Aurinkovoimala.....	22
4 LASKELMAT JA SUUNNITTELUPIIRRUSTUKSET.....	23
4.1 Sähkösuunnitelman tekeminen .....	23
4.1.1 Keskuskaavion tekeminen .....	28
4.2 Aurinkosähköjärjestelmä kokoonpanohalliin .....	29
5 YHTEENVETO.....	33
LÄHTEET.....	35

LIITTEET.....37

## Kuva- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Elisan 5G-verkon peittävyys (Elisa 2020). .....	12
Kuva 2. Meneillään olevat Elisa 5G-verkon asennustyöt (Elisa 2020). .....	12
Kuva 3. Aurinkosähköjärjestelmän kokoonpanokuva (Motiva 2017). .....	16
Kuva 4. Lämpötilan vaikutus paneelin tuottoon (Suntekno Oy 2010). .....	17
Kuva 5. Vuorokautinen säteily määrä Etelä-Suomi (Suntekno Oy 2010). .....	18
Kuva 6. Auringon vuotuinen säteily määrä Suomessa (Motiva 2019). .....	19
Kuva 7. Tuotantotilan johtotiet. ....	23
Kuva 8. Toimiston, teknisen tilan, siivouskomeron ja WC:n sähkösuunnitelma. ...	26
Kuva 9. Tuotantorakennuksen sosiaalitalan layout-kuva. ....	27
Kuva 10. Siltanosturin syöttö. ....	28
Kuva 11. Esimerkkikuva keskuskaaviosta. ....	29
Kuva 12. Arvioitu kulutus kuukausittain (Caruna 2020). .....	31
Kuva 13. Arvio takaisinmaksuajasta (Caruna 2020). ....	32
Taulukko 1. Sähkösuunnittelijan kelpoisuusvaatimukset. ....	15

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>kWp</b>	Aurinkosähköjärjestelmän suurin mahdollinen testiolosuhteissa tuottama nimellisteho ilmoitetaan lyhenteellä kWp (kilo, watti, peak).
<b>lx</b>	Luksi eli valaistusvoimakkuus tietyllä pinnalla.
<b>W</b>	Teho ilmoitetaan lyhenteellä W. Se ilmoittaa laitteen maksimitehon. Teho muodostuu käytettävästä jännitteestä U (voltti) ja virrasta I (ampeeri).

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta ja tavoite

Aukon Service Oy tarjoaa älykkäät robotti- ja automaattioratkaisut, laitesuunnittelua, asennuspalvelut sekä tuotannon ongelmakohtien ratkaisut. Yrityksen laajentaessa toimintaansa tuli ajankohtaiseksi rakentaa tuotantorakennus, jonka tarkoituksena on toimia linjastojen ja laitteiden kokoonpano- ja koeajohallina. Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli tuottaa tämän teollisuuteen rakennettavan tuotantohallin sähkösuunnitelma sekä mitoittaa mahdollisimman kustannustehokas aurinkosähkövoimala omaan käyttöön. Rakentaminen oli tarkoitus aloittaa huhtikuussa 2020, mutta Covid-19-pandemian tuomien markkinoiden epävarmuuksien vuoksi aloitusta on jouduttu siirtämään.

## 1.2 Työn rakenne

Johdannossa kerrotaan opinnäytetyön sisällöstä ja sen tavoitteista sekä esitellään yhteistyötaho, jolle suunnitelmat tehdään. Toisessa luvussa käsitellään asioita, jotka tulee huomioida suunnittelussa ja sen etenemisen varmistamisessa. Luvussa esitetään myös teoriaa sähkösuunnittelusta. Lisäksi toisessa luvussa perehdytään tarkemmin aurinkoenergiaan ja siihen liittyvään tekniikkaan. Kolmannessa luvussa kerrotaan suunniteltavasta kohteesta, kerätään lähtötietoja ja määritellään kohteen erityisvaatimuksia. Neljännessä luvussa keskitytään itse suunnitelman tekoon ja aurinkovoimalan mitoitukseen. Viidennessä luvussa pohditaan tehdyn työn tuloksia ja laskelmien kautta havaittuja asioita. Luvussa myös kirjataan muutama ehdotus yhteistyötaholle, ehdotukset syntyivät työtä tehdessä.



### **1.3 Yhteistyötaho - Aukon Service Oy**

Työn yhteistyötahona on Kurikan Jalasjärvellä toimiva Aukon Service Oy. Yritys on perustettu vuonna 2011 ja yhtiössä toimii vakituisesti seitsemän työntekijää. Aukon Service Oy:n palveluihin kuuluvat robotti- ja automaattioratkaisut, laitesuunnittelu, asennuspalvelu, 3D-suunnittelu, tuotannon ongelmakohtien ratkaisut ja käyttöönotot. Yritys on kasvanut alun perin huollon ympärille, joten teollisuuden kunnossapito näyttelee vahvaa roolia arjessa. Yritys on erikoistunut elintarvikealalla vaadittaviin korkeahygienisiin vaatimuksiin. ASX Systems on tuotemerkki, jolla nimellä Aukon Servicen Oy tuottaa materiaalinkäsittely- ja varastojärjestelmiä. (Aukon Service Oy 2020.)

## 2 SÄHKÖSUUNNITTELU

Rakennusvalvonta vaatii uudisrakennuksia rakennettaessa, että sähköjen suunnittelu on tehty etukäteen. Sähköjen suunnittelu on ajankohtainen viimeistään rakennuskuvien valmistuttua. Rakennuskuvien lisäksi suunnitteluun tarvitaan kalustokuvat ja asemakaavakuva. Suunnitelma pitää sisällään useita asiakirjoja ja piirustuksia, joilla määritetään sähköjärjestelmän tiedot.

Suunniteltaessa tietoliikenne- ja sähkösuunnitelmia täytyy niiden olla käyttökohteeseen soveltuvia. Suunnitelmien tulee olla sähköturvallisuutta noudattavia ja turvallisia. Tavoitteena onkin luoda sähköjärjestelmiä, jotka ovat toimintavarmoja, joustavia, taloudellisia ja luotettavia. (JTT POWER 2017.)

### 2.1 Sähkösuunnitteluohjelmat

Sähkösuunnitelmien tekoon on olemassa räätälöityjä ohjelmia ja sähkösuunnittelua varten tehtyjä ohjelmia. Ne sisältävät yleisesti johdotustoiminnot, viralliset piirrosmerkit, työkalun keskuskaavion piirtämiseen sekä laskentatoiminnot. Tässä työssä päädyttiin käyttämään ohjelmistona KYMDATA CADS 18 EAC -ohjelmistoa, koska kyseinen ohjelma on opetuskäytössä Seinäjoen ammattikorkeakoululla ja siitä on saatavilla opiskelijalisenssi omalle kotikoneelle. Ohjelmisto on myös yhteistyötahon suosittama ja hyväksymä.

### 2.2 Sähkösuunnittelun dokumentit

Budjettilaskentaa ja rakentamista varten tarvitaan seuraavat dokumentit:

- Layout. Visuaalinen suunnitelma, josta selviää objektien sijoittelut, korkeudet ja johdotukset.
- Keskuskaavio. Keskuskaaviossa on suunnitellun järjestelmän tekniset tiedot. Siitä selviää johdotusten tyypit, johdonsuojien tyypit, syöttökaapelin koko,

laitteiden ja koneiden sähkösyöttöjen määrät, oikosulkuvirrat ja sähköjärjestelmän toteutustapa.

- Asemakaava, joka kertoo, mistä syöttökaapelit tulevat, mistä tietoliikennejohdot tulevat, miten maadoitus on tehty ja mihin kohtaan maastoa se on sijoitettu.
- Komponenttiluettelo koko suunnitelmasta. (Aukon Service 2020.)

### 2.3 Tietoliikenne

Viestintäviraston määräys vuodelta 2003 ja yleiskaapelointistandardi EN50173-4 määrittelevä sen, millaiset rakennuksien tietoliikenneyhteyksien tulee olla:

*Puhelinsisäjohtoverkko muodostuu kiinteistö- tai rakennuskohtaisesta talojakamosta, telepäätelaitteiden liitäntäpisteinä käytettävistä pistorsioista, kytkentärimoista tai vastaavista rakenteista sekä talojakamon ja telepäätelaitteiden liitäntäpisteiden välisestä kaapeloinnista ja puhelinsisäjohtoverkon osana olevista laitteista. (Viestintäviraston määräys 25 D/2003 M9.)*

*Sisäverkon kaapelointia varten on laadittu yleiskaapelointistandardi EN 50173-4 (ISO/IEC 15018 2004).*

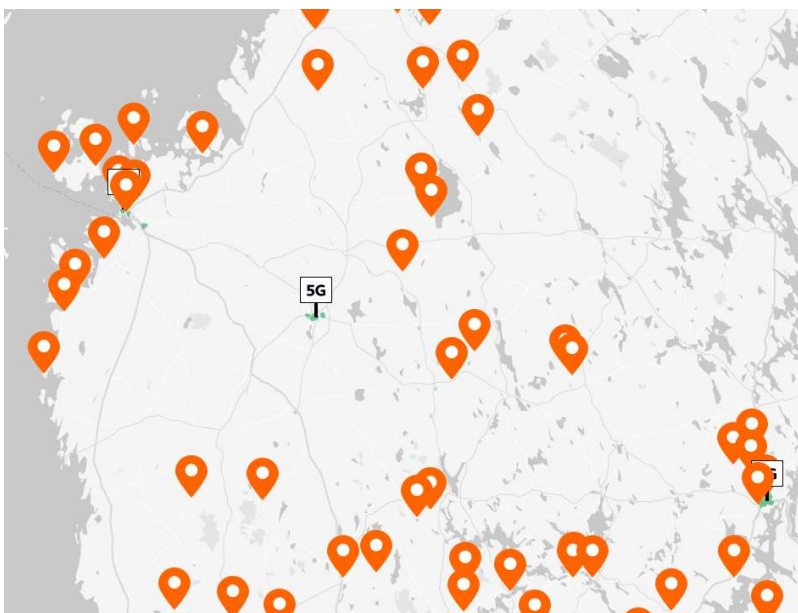
Suunniteltaessa rakennukseen tietoliikenneverkkoa on noudatettava kaapelointistandardia, sekä muiden viranomaisten tähän liittyviä ohjeistuksia ja määräyksiä. Suosituksena on, että tiedonsiirtokaapelina käytetään kategoria 6-parikaapelia (CAT6), sekä datakäyttöön tarkoitettuja liittämistarvikkeita. Elisa Oy:n alueella ei uudisrakennuksiin ole saatavana muita kuin valokuitupohjaisia tietoliikenneyhteyksiä. (Elisa Oy 2020.)

Rakennusten sisäiset verkkokaapeloinnit ovat tulevaisuudessa myös siirtymässä valokaapelin käyttöön ja tähän suositellaan varauduttuvan putkituksella kiinteistöissä (Pientalorakentajan tietoliikenneopas 2017, 6).

Joka paikkaan ei kuitenkaan kannata valokuituverkkoa rakentaa, sillä esimerkiksi haja-asutusalueiden pitkät matkat nostavat kustannuksia. Kustannuksia nostattavat muun muassa kaivuutyöt, kaapelointi sekä pieni asiakaskunta. Tulevaisuudessa näillä alueilla nopeat tietoliikenneyhteydet voidaan toteuttaa 5G-liittymillä, joilla on mahdollista päästä lähes samaan laatuun. Toisaalta 5G-verkon peittävyys on vielä sijoittunut lähinnä kaupunkialueille, mutta tulevaisuudessa sen luvataan kattavan alueet 4G-yhteyden tavoin. Kuvassa 1 näkyy 5G-peittoalue Länsi-Suomessa, ja kuvassa 2 esitetään meneillään olevat verkon parannustyöt. (Elisa 2020.)



Kuva 1. Elisan 5G-verkon peittävyys (Elisa Oy 2020).



Kuva 2. Meneillään olevat Elisa 5G-verkon asennustyöt (Elisa Oy 2020).

Valokuitu on ehdoton edellytys nykyaikaiseksi tietoliikenneyhteydeksi. Uudet palvelut ja laitteet vaativat suurempia tiedonsiirtonopeuksia, kuin mihin parikaapelit riittävät. Tulevaisuudessa kupariset kaapeloinnit poistuvat optisen verkon tieltä. Nopeuden, pienen vaimennuksen, sähköön johtamattomuuden sekä edullisuuden on laskettu olemaan riittävät perustelut optisiin verkkoihin siirtymiselle. Sähköverkon tai ukkosen aiheuttamat ylijännitteet eivät häiritse valokuidun toimintaa, koska lasinen kuitu ei johda sähköä. Valokuidun ylläpito on edullista ja käyttöturvallista. (Pientalorakentajan tietoliikenneopas 2017,3-6.)

## 2.4 Valaistus

Valaistukselle ei ole työsuojelulaissakaan annettu raja-arvoja, ainoastaan suosituksia. Työsuojeluhallinto määrittelee valaistuksen osalta seuraavaa:

*Työturvallisuutta koskevissa säädöksissä ei ole annettu työpaikan valaistusta koskevia ohje- tai raja-arvoja. Työnantajan on kuitenkin vaarojen ja haittojen vähentämiseksi pyrittävä järjestämään työpaikalle mahdollisimman hyvä valaistus. Huono valaistus rasittaa, on epäviihtyisä, vähentää työtehoa ja voi olla jopa syynä työtapaturmiin. (Työsuojeluhallinto 2018.)*

Työtilan ollessa jatkuvassa käytössä, tulee valaistuksen voimakkuus olla vähintään 200 lx. Kohteiden yksityiskohtien tulee erottua riippumatta niiden koosta. Yksityiskohtien katselukohdeesta tulee myös erottua ympäristöstä. Valo ei saa häikäistä eikä tehdä vaarallisia varjostuksia. Valon tulee auttaa työtilan hahmottamisessa, ja värien tulee näkyä mahdollisimman luonnollisina. Työnantajan vastuulla on huolehtia, että työpisteen valaistus sopii tehtävään työhön. Suunniteltaessa valaistusta voidaan apuna käyttää sisätilojen valaistuksen ohjearvoja. Nämä ohjearvot löytyvät standardista SFS-EN 12464-1, Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. Osa 1: Sisätilojen valaistus. (Työsuojeluhallinto 2018.)

Valaistuksen ohjauksella energiansäästö riippuu kohteesta, käyttöasteesta, valaistuksen tehosta (W) ja ohjauksen säädöstä. Energiansäästö kasvaa, kun valaistukset saadaan ryhmiteltyä tarkasti ja ohjauksessa käytetyt ohjeajat sekä liiketunnistukset on optimaalisesti asennettu ja ohjelmoitu. Riittäväällä valaistuksella ja oikealla ohjauksella on mahdollista parantaa tuottavuutta sekä viihtyvyyttä. Ohjausta suunniteltaessa ohjaukselle on syytä laskea takaisinmaksuaika. Takaisinmaksuajan perusteella päätellään, onko ohjausjärjestelmään syytä investoida. Kohteessa, jossa valaistus on jatkuvaa tai kulutus on pientä, ei älykkäisiin ohjauksiin ole yleensä tarpeen sijoittaa. (Ledistys.fi 2020.)

## 2.5 Turvallisuus

Sähkösuunnitelmia tehtäessä tulee huomioida, että suunnitelmien perusteella tehdyt asennukset ovat turvallisia ja määräysten mukaisia. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (TUKES) määrittelee uuden sähkölaitteiston suunnittelun ratkaisevia turvallisuustekijöitä, kuten sijoittelu, suojaukset ja laitevalinnat. (Tukes.fi 2020.)

Rakennussähkösuunnittelijalle ei ole lain edellyttämää pätevyyttä, mutta vapaaehtoisessa pätevyysjärjestelmässä pätevydet luokitellaan maankäyttö- ja rakennuslain mukaisien suunnittelutehtävien tapaan neljään eri luokkaan. Näitä luokkia ovat: vähäinen, tavanomainen, vaativa tai poikkeuksellisen vaativa. Pätevydet haetaan ja ne myöntää rakennussähkösuunnittelun pätevyyslautakunta. Pätevyys on voimassa seitsemän vuotta kerrallaan. Vaaditut kriteerit on määritelty oheisessa taulukossa 1, josta selviää sähkösuunnittelijan kelpoisuusvaatimukset. (sahkoala.fi 2015.)

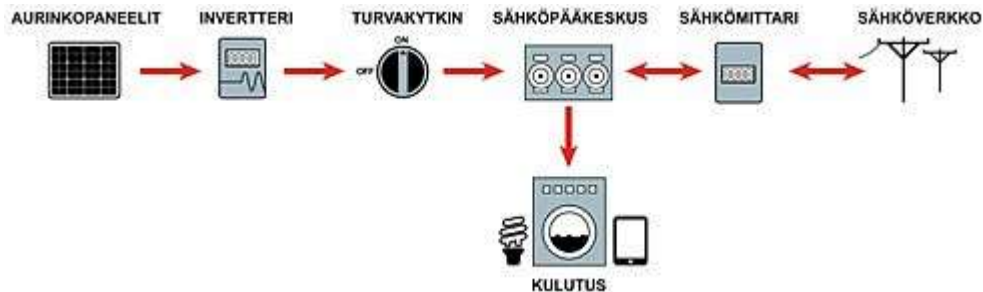
Taulukko 1. Sähkösuunnittelijan kelpoisuusvaatimukset. (Sähkösuunnittelu, [viitattu 14.4.2020]).

SÄHKÖSUUNNITTELIJAN KELPOISUUSVAATIMUKSET			
Vähäinen suunnittelutehtävä	Tavanomainen suunnittelutehtävä	Vaativa suunnittelutehtävä	Poikkeuksellisen vaativa suunnittelutehtävä
Suorittanut sähköalan ammattitutkinnon ja on lisäksi osallistunut vähintään <b>kolmen</b> vuoden ajan sähkösuunnittelutehtäviin, jotka ovat pääosin vaativuusluokan <i>vähäinen suunnittelutehtävä</i> mukaisia.	Suorittanut soveltuvan sähköalan tutkinnon ja on lisäksi osallistunut vähintään <b>kolmen</b> vuoden ajan sähkösuunnittelutehtäviin, jotka ovat pääosin vaativuusluokan tavanomainen sähkösuunnittelutehtävä mukaisia.  Kokemuksesta vähintään 2/3 osaa on hankittu tutkinnon suorittamisen jälkeen.  Soveltuvaksi tutkinnoksi katsotaan sähkösuunnitteluun perehdyttävä tekniikan alan korkeakoulututkinto (ins.(AMK), tekniikan kandidaatti, DI) tai sähkövoimatekniikan tekniikan tai insinöörin tutkinto. Soveltuvan korkeakoulututkinnon tai sitä täydentävien opintojen tulee sisältää sähkösuunnitteluun, sähköjärjestelmiin ja sähköturvallisuuteen perehdyttäviä opintoja yhteensä vähintään 30 op.	Suorittanut soveltuvan sähköalan tutkinnon ja on lisäksi vähintään <b>kuuden</b> vuoden sähkösuunnittelukokemus, josta vähintään <b>neljän</b> vuoden kokemus vähintään tavanomaisista sähkösuunnittelutehtävistä (vastuullisena tai avustavana sähkösuunnittelijana) ja vähintään <b>kahden</b> vuoden kokemus avustamista vaativissa sähkösuunnittelutehtävissä.  Kokemuksesta vähintään 2/3 osa on hankittu tutkinnon suorittamisen jälkeen.  Soveltuvaksi tutkinnoksi katsotaan sähkösuunnitteluun perehdyttävä tekniikan alan korkeakoulututkinto (ins.(AMK), tekniikan kandidaatti, DI) tai sähkövoimatekniikan tekniikan tai insinöörin tutkinto. Soveltuvan korkeakoulututkinnon tai sitä täydentävien opintojen tulee sisältää sähkösuunnitteluun, sähköjärjestelmiin ja sähköturvallisuuteen perehdyttäviä opintoja yhteensä vähintään 40 op.	Suorittanut soveltuvan sähköalan tutkinnon ja on lisäksi vähintään <b>kymmenen</b> vuoden sähkösuunnittelukokemus, josta vähintään <b>kuuden</b> vuoden kokemus vaativista sähkösuunnittelutehtävistä tai avustamisesta poikkeuksellisen vaativissa sähkösuunnittelutehtävissä, sisältäen vähintään <b>neljä</b> vuotta vastuullisena suunnittelijana toimimista vaativissa tehtävissä.  Soveltuvaksi tutkinnoksi katsotaan sähkösuunnitteluun perehdyttävä tekniikan alan korkeakoulututkinto (ins.(AMK), DI) tai sähkövoimatekniikan insinöörin tutkinto. Soveltuvan korkeakoulututkinnon tai täydentävien opintojen tulee sisältää sähkösuunnitteluun, sähköjärjestelmiin ja sähköturvallisuuteen perehdyttäviä opintoja yhteensä vähintään 45 op.

## 2.6 Aurinkoenergia

Uusiutuvan energian käyttö on lisääntynyt kiihtyvällä tahdilla viime vuosikymmenen aikana. Aurinkoenergia on yksi kasvavista sähkön tuotantomuodoista. Uusiutuvan energian käytön tuottaminen on vihreitä arvoja noudattava ja pienentää tuottajansa hiilijalanjälkeä. Samalla kun pienennetään ostettavan energian määrää, saadaan yritykselle positiivista mainosta. (Caverion Oy [Viitattu 6.4.2020].) Suomessa aurinkoenergian tuoton mahdollisuudet ovat samat kuin esimerkiksi Pohjois-Saksassa, pois lukien kuitenkin Lapin-Lääni, jossa ollaan kauempana päiväntasaajasta ja auringon säteet joutuvat läpäisemään suuremman ilmamassan. Sähköä muodostuu, kun auringon säteet osuvat paneelin pinnalle ja luovuttavat energiansa. Kuvassa 3

on aurinkosähköjärjestelmän kokoonpanokuva, joka on liitetty myös valtakunnalliseen sähköverkkoon. (Motiva 2019b.)



Kuva 3. Aurinkosähköjärjestelmän kokoonpanokuva (Motiva 2019c).

Aurinkosähköjärjestelmien keräämää energiaa voidaan myös kerätä varastoon. Niissä käytetään invertterin sijaan lataussäädintä tallentamaan tasasähkö akkuun/akustoon. Näissä järjestelmissä etuna on se, että päivällä auringonsäteilystä talteen otettu sähkö on käytettävissä myös yöaikaan. Nämä järjestelmät ovat yleensä pienempiä kokonaisuuksia, ja syy niiden hankkimiseen on monesti valtakunnallisen sähköverkon puuttuminen. Akustot ovat kalliita ja hyötysuhde heikkenee sähkön useammasta prosessoinnista. Suomen alueella auringosta saatava säteily muutettuna sähköenergiaksi on 900–1300 kWh neliöltä (m<sup>2</sup>). Kerätyn tiedon mukaan Suomen alueella voidaan yhden kilowatin voimalalla tuottaa vuodessa 700–1000 kWh. (Suntekno Oy 2010.)

### 2.6.1 Paneelit

Paneelit muodostuvat aurinkokennoista, joita on yhdistetty useita vierekkäin ja koteloitu. Paneelissa muodostuu sähköä, kun auringonsäteet luovuttavat kennoihin energiaa. Aurinkopaneelit eivät varastoi energiaa itseensä, vaan tuotettu energia on siinä hetkessä hyödynnettävissä käyttöön invertterin tai lataussäätimen avulla. Kytkemällä paneeleita sarjaan saadaan sitä suurempi jännite, mitä useampi paneeli kytkennässä on. Vastaavasti lisäämällä paneeleita rinnakkain saadaan sähkövirtaa

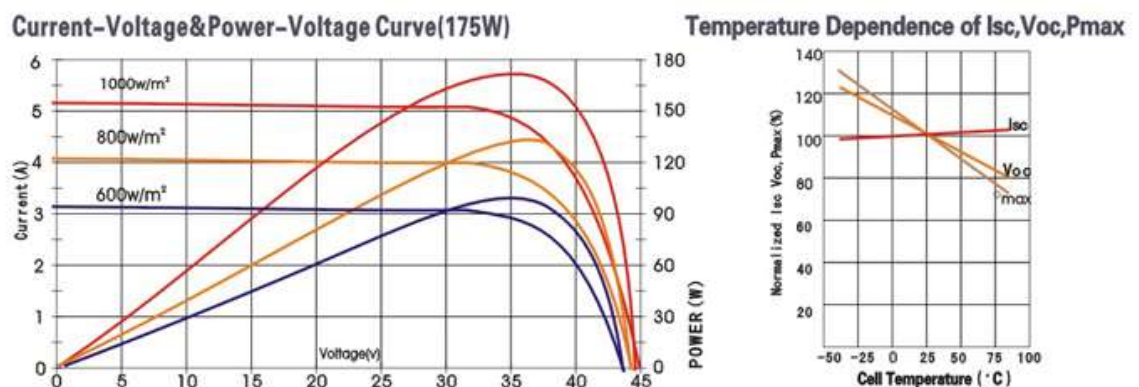


kasvatettua. Koska tehon kaava on  $P = U \times I$ , molemmilla edellä mainituilla keinoilla paneeleista saatavaa tehoa voidaan lisätä. (Motiva 2019a.)

Vuosittaiseen tuotantoon vaikuttavat monet asiat, kuten esimerkiksi:

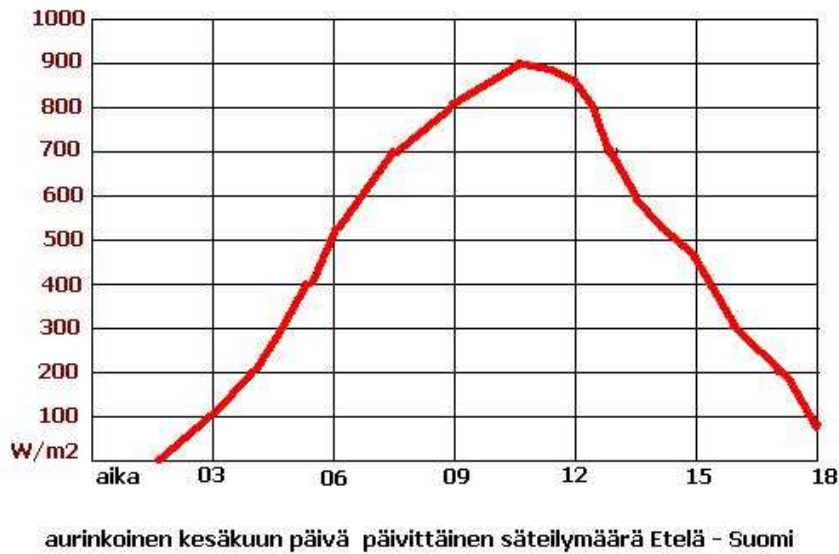
- auringon kierto
- järjestelmän maantieteellinen sijainti
- paneelien suuntaus
- varjostus ja hajasäteily
- paneelien lämpötilat. (Motiva 2019b.)

Esimerkiksi talvella saatava säteily on yleensä lumihangon heijastamaa ja muuta hajasäteilyä. Paneelien lämpötilat vaikuttavat myös niiden tuottoon. Tuoton vertailuarvot, joita paneeleista kerrotaan, on yleensä merkitty +25 celsiusasteen lämpötilassa. Mitä lämpimämpi paneeli on, sitä enemmän tuotto laskee. Esimerkiksi tummalle katolle asennettaessa on syytä ottaa ilman vaihtuvuus huomioon. Kuvasta 4 näkee lämpötilan vaikutusta paneelin tuottoon. (Suntekno Oy 2010.)



Kuva 4. Lämpötilan vaikutus paneelin tuottoon (Suntekno Oy 2010).

Paneelien suuntaus on avainasemassa niiden tuottoon. Mitä enemmän paneeleille saadaan kohtisuoraa paistetta, sitä enemmän ne keräävät säteilystä energiaa. Kuvassa 5 on Etelä-Suomessa taltioitu säteilyn voimakkuus suhteutettuna kellonaikaan. (Suntekno Oy 2010.)



Kuva 5. Vuorokautinen säteily määrä Etelä-Suomi (Suntekno Oy 2010).

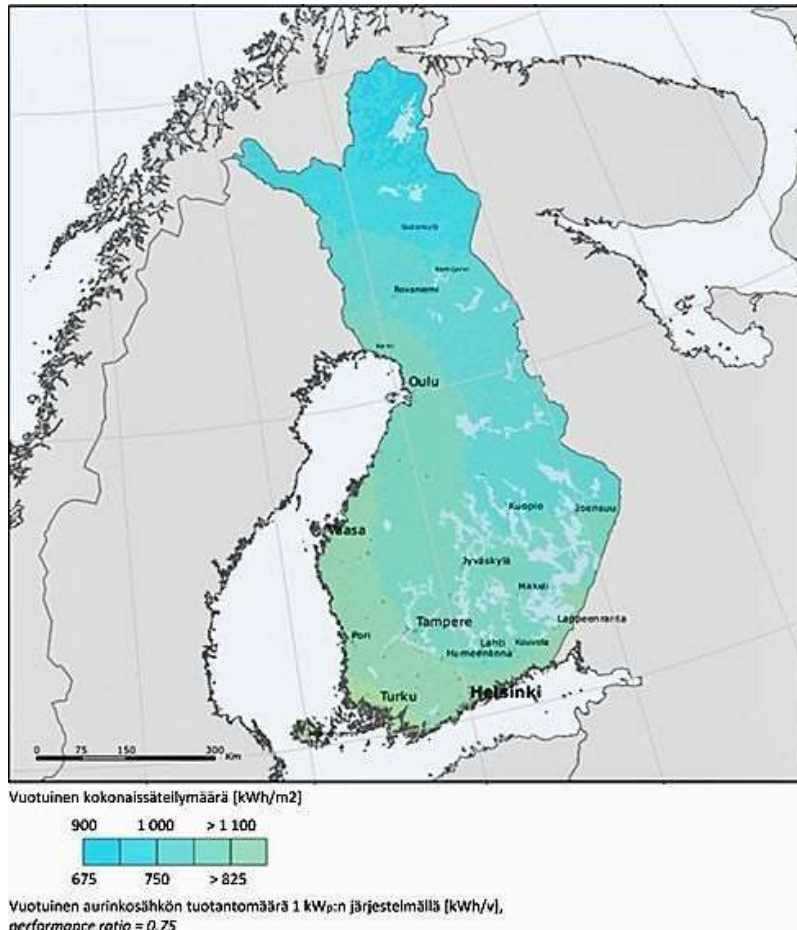
Kuvassa 5 olevaa säteily määrän kuvaajaa apuna käyttäen voidaan paneeleja suunnata siten, että vapaasti paneelille paistava aika olisi mahdollisimman suuri. Toisin sanoen, jos tiedossa on maastosta riippuva varjostus, on tämä tarpeen ottaa suunnauksessa huomioon. Tässä kannattaa teollisuudessa miettiä myös kulutushuippua: voidaanko maksimaalista sähköntuotantoa hyödyntää samalle ajalle paneeleja kääntämällä. Paneeleja suunnattaessa on huomioitava, että yleisimmillä paneeleilla 30 asteen kallistus vaikuttaa tuottavuuteen 10 %. Yhden tunnin muutos vuorokaudessa asteina on siis:

$365 \text{ astetta} / 24 \text{ tuntia} = 15,2 \text{ astetta tunnissa.}$  (Suntekno Oy 2010.)

Iltapäivää kohden ympäristön ja paneelien lämpötilat nousevat, jolloin tuotto putoaa. Iltapäivisin myös saasteet ilmassa lisääntyvät estäen säteilyn liikkumista vapaasti. (Suntekno.fi 2010.)

Suomessa suoraa auringonpaistetta ei ole läheskään yhtä paljon kuin verrataan esimerkiksi päiväntasaajan alueeseen. Motivan(2019b) mukaan hajasäteily tuottaa arviolta 50 prosenttia tuotetusta energiasta. Tämä tarkoittaa niiden hankintahinnan olevan liian suuri saavuttamaan saman hyötysuhteen, kuin kiinteästi säädetyt. Ku-

vassa 6 esitetään vuotuinen auringon säteily määrä optimaalisesti asennetulle järjestelmälle. Alkuperäinen kuva: Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) – Joint Research Centre (Motiva 2019b).



Kuva 6. Auringon vuotuinen säteily määrä Suomessa (Motiva 2019b).

## 2.6.2 Invertteri

Invertteri muuntaa paneelien tuottaman tasajännitteen vaihtojännitteeksi, jotta tuotettu sähkö voidaan ottaa rinnakkaiskäyttöön verkkovirralla toimivassa sähköjärjestelmässä. Ennen käyttöä invertteri muuntaa vaihtojännitteen aallon siniaaltomuotoon ja tahdistaa sen valtakunnallisen sähköverkon tahtiin. Tämä mahdollistaa osaltaan aurinkoenergian ja valtakunnallisen sähköverkon käytön samassa sähköjärjestelmässä. Tämä on tärkeää siksi, että aurinkovoimalat eivät itsessään riitä kattamaan energiantarvetta läpi vuoden, vaan sen lisäksi tarvitaan myös ostettua sähköä. (Motiva 2019c.)

### 3 KOHDE JA KOMPONENTTIEN VALINNAT

Tässä luvussa kerätään lähtötietoja suunnittelua varten. Tähän on listattu yhteistyötahon kanssa asiat, jotka tulee ottaa huomioon suunnitelmaa tehtäessä.

#### 3.1 Suunnittelun lähtötiedot

Sähkösuunnittelu aloitettiin yrityksen tiloissa, määrittäen yhteistyötahon tarpeet ja visiot. Rakennuksesta oli tehty rakenne- ja pohjakuvat sekä LVI-suunnitelma. Lisäksi tuotantoalueen osasta oli tehty valaistussuunnitelma. Näitä tietoja tarvittiin suunnittelun apuna. Rakennukseen tulee myös sosiaalitulat, vessa, toimisto ja tekninen tila. Lämmitys tapahtuu kahdella vesi-ilmalämpöpumpulla ja ilmanvaihto toteutetaan koneellisena ilmanvaihtona.

Yhteistyötahon kanssa selvitettiin rakennukseen tulevat sähkölaitteistot ja -komponentit. LVI-suunnitelman mukaiset koneet ja niiden sähkönsyötöt määritettiin ja rakennuksessa tapahtuva toiminta otettiin huomioon.

Vaativuudet listattiin muistilistalle yksinkertaisessa, vapaamuotoisessa ja pelkistetyssä muodossa. Tarkoituksena oli selvittää tarkemmat tiedot suunnitelmaa tehtäessä.

Muistilistaan kirjattiin seuraavat vaatimukset;

- Kompressori 7,5 kW
- IV-kone 16 A
- Huippuimuri
- Aurinkosähköjärjestelmä
- Ilmavesilämpölaite 2 x 20 kW (tällä lämmitetään vain hallin lattioita)
- Käyttövettä varten 1-vaiheinen 60 l varaaja
- Mittauskeskus ulos, kaavailtu 3\*63 A
- Ryhmäkeskus Tekniseen tilaan

- Nosturin syöttö 3\*16 A, ilmoitettu 3,3 kW, piikki 15 A
- Varauksia 3 x 3\*32 A, 3 x 3\*25 A, 10\*16 A ja 10\*10 A
- Läsnaolotunnistimet halliin 4-6 kpl
- Kaapelointireitit halliin nosturikiskojen alapuolelle n. 300mm hylly
- Seinille pistorasiakeskukset
- Ulos nosto-ovien päälle 200 W- Led valonheittimet, muuten muutama yleispihavalo
- Valomainos.

Layout-kuvan suunnittelu saatiin aloitettua edellä olevien lähtötietojen perusteella. Paloilmoitinlaitteiston suunnitelma lisätään työn tilaajan omaan jo olemassa olevaan hälytysjärjestelmään. Sähkösuunnitelmiin tehtiin varaus järjestelmälle.

### **3.2 Valaistus**

Valaistussuunnitelma rakennuksen tuotanto-osaan on teetetty valaisinmyyjän kautta valaisimien valmistajalla Ledistys Oy:llä. Suunnittelussa käytettiin heidän omaa Moduled-tuoteperehettä. Tuotantotilan valaistuksen kokonaistehoksi suunnittelija on laskenut 5112 W ja valaistusvoimakkuudeksi 0,8 m:n korkeudessa keskimäärin 631 lx. (Kallio 2020.)

Valaistuksen ohjaus toteutetaan läsnäolotunnistimilla tuotantotilan osalta, johtuen tuotantotilan suuruudesta ja valaistuksen suuresta energiakulutuksesta. Toimiston, WC:n, teknisen tilan ja siivouskomeron valaistuksen ohjaus tulee valokatkaisijalla.

Ulkovalaistuksen ja valomainoksen ohjauksen toteutustapa suoritetaan energiansäästön vuoksi hämäräkytkimellä. Kannattavuuslaskelma taukotilan valaistuksen toteuttamiseksi esitetään luvussa 4.

### 3.3 Käytösähkö ja koneiden sähkösyötöt

Tuotantoalueen pistorasioiden paikkaa ja lopullista määrää ei osattu vielä tässä kohtaa arvioida. Pistorasioiden paikka saattaa mahdollisesti muuttua käyttöönoton jälkeen, joten tuotantoalueelle päätettiin sijoittaa seitsemän pistorasiakeskusta ja neljä seinille asennettavaa johtokelaa. Pistorasiakeskuksiin on mahdollista jälkeenkäynnin lisätä sulakkeita, pistorasiaryhmiä ja kiinteitä syöttöjä laitteille. Pistorasiakeskuksiksi valittiin Vohek Voima 113, sähkönumero: 3434641. ATK-laitteille tulee toimistoon oma syöttö mahdollista UPS-akkaa varten. Ulkopistorasiat sijoitetaan nosto-ovien lähetyville ja nosturille, kompressorille ja metallisahalle tulevat kolmivaiheiset syötöt turvakytkimillä.

### 3.4 Aurinkovoimala

Laskettaessa Aukon Service Oy:n kanssa rakennuksen käyttökuluja sähköenergian osalta, he toivoivat pohdittavan omavaraisuusasteen nostoa sähköntuotannossa. Vesivoimaan ei ole sijainnin puolesta mahdollisuutta ja tuulivoima olisi hankkeena tässä kohtaa liian iso.

Aurinkoenergian katsottiin olevan sopiva ratkaisu hyödyn saamiseksi. Suunnittelussa lähdettiin tutkimaan kahta tapaa hyödyntää aurinkoenergiaa: aurinkosähkö ja -lämpö. Aurinkokeräimien laskelmat ja suunnittelu siirrettiin LVI-suunnittelijalle ja tässä työssä keskitytään selvittämään aurinkosähkön kannattavuutta suunnitelman kohteena olevaan rakennukseen.

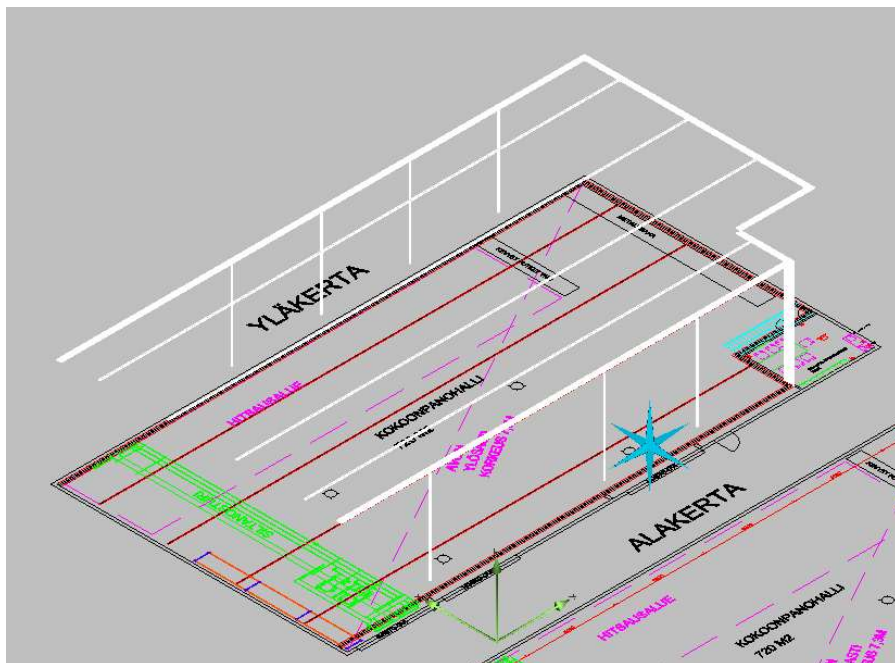
## 4 LASKELMAT JA SUUNNITTELUPIIRRUSTUKSET

Tässä luvussa kerrotaan siitä, kuinka sähkösuunnittelu eteni sekä esitetään esimerkkejä kulutuslaskelmista. Luvussa pohditaan lisäksi aurinkovoimalan mitoitusta sekä hyötyä tähän projektiin ja lasketaan takaisinmaksuaikaa.

### 4.1 Sähkösuunnitelman tekeminen

Suunnitelman tekoon käytettiin suunnitteluohjelmaa CADS EAC 18, joka on Seinäjoen ammattikorkeakoulun käyttämä suunnitteluohjelma. Aluksi työstä luotiin projekti, jolle tuotiin viitekuvana arkkitehtikuvat rakennuksen pohjasta sekä sijoitettiin nimiökenttä kuvaan. Nimiökenttään asetettiin projektin tiedot sekä suunnittelijan nimi ja otsikko.

Sähkösuunnitelman teko aloitettiin tuotantotilaan ennakolta tehdyn valaistussuunnitelman pohjalta. Ensin määriteltiin kaapelitiet, jonka jälkeen sijoitettiin ripustuskiskot. Johtoteiden piirroksessa piti ottaa huomioon eri korkeuserot, esimerkiksi siltanosturin korkeus ja nosto-oven avautumiskorkeus. Kuvassa 7 on 3D-kuva johtoteistä, jotka luotiin helpottamaan asennusta ja hahmottamaan eri korkeuksia.



Kuva 7. Tuotantotilan johtotiet.

Tämän jälkeen valaisimet sijoitettiin ripustuskiiskolle ennalta määrätuille paikoille. Valaistussuunnitelmassa ei oltu otettu huomioon sisälle rakennettavia huoneita, joten suunnitelmasta poiketen jouduttiin poistamaan kaksi valaisinta. Valaistuksen ohjaus tuotantotilan osalta tapahtuu ulko-oven vieressä olevasta kaksiosaisesta kytkimestä. Tuotantotilan valaistus on jaettu kahteen osaan, jolloin tarvittaessa toinen puoli tilasta voidaan pitää tarvittaessa poissa päältä. Kytkimien jälkeen valaisimet ja valaistusta ohjaavat läsnäolokytkimet on jaettu neljään osaan. Valaistuksen ottama yhteisteho on 5112 wattia. Tämä teho saadaan jaettua kahteen 16 A -syöttöön, ja voidaan käyttää 3 x 2,5 mm<sup>2:n</sup> kaapeleita. Turha valaistuksen päällä oleminen kuluttaa energiaa.

Kuluttajahinnoilla sähkön hinta on 5,1 senttiä/kWh (Seinäjoen energia [Viitattu 17.4.2020]). Sekä sähkönjakeluhinnalla 3\*63 A -liittymällä 4,56 senttiä/kWh (Caruna [Viitattu 17.4.2020]).

$$5,1 \text{ senttiä/kWh} + 4,56 \text{ senttiä/kWh} = 9,66 \text{ senttiä/kWh} = 0,0966 \text{ €/kWh}$$

Valaistuksen aiheuttama kustannus on: 5112 W = 5,112 kW

$$5,112 \text{ kW} * 0,098 \text{ euroa/kWh} = 0,5 \text{ €/tunti}$$

Yrityksen normaali työpäivä = 9 tuntia \* 0,5 € tunti = 4,5 € / vuorokausi.

Vuodessa on 12 kuukautta ja Verohallinnon mukaan 22 työpäivää, joten arvioksi vuosittaiseen kulutukseen saadaan:

$$12 \text{ kuukautta} * 22 \text{ vuorokautta} * 4,5 \text{ €} = 1188 \text{ €/vuosi.}$$

Tästä kulutuksesta on helppo saada säästöjä, mutta määrää on vaikea arvioida vaihtelevan käyttöasteen vuoksi. Esimerkiksi pidempiä koeajoja ajettaessa valaistusta ei ole tarpeen pitää päällä. Läsnäolo-ohjauksen hyöty tulee esiin tilanteissa, jossa tiloissa työskentelee pienempi väkimäärä samoilla työpaikoilla. Silloin ohjaus sammuttaa osan valaistuksesta säästääkseen energiaa.

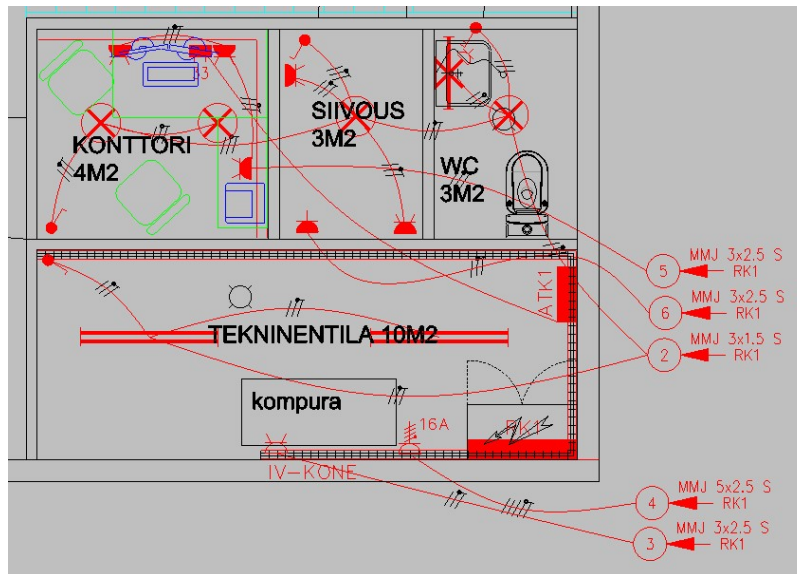


Tämän jälkeen määriteltiin ja piirrettiin ryhmäkeskus RK1 valmiiksi sovituille paikalle tekniseen tilaan. Keskus RK1 luotiin suunnitelmaan ennen ryhmien eli syöttöjen lisäystä. Syöttöjä lisättäessä suunnitelmaan merkitään niiden lähtöosoitteeksi keskus. Näin saadaan automaattisesti tuotua määritetyt tiedot layout-kuvasta keskuskaavioon ja projektin muihin tietoihin, kuten johdotukseen.

Toimistoon suunniteltiin valaistuksen ohjaus käytettäväksi kytkimellä. Valaistus toteutetaan kahdella valaisimella varjojen välttämiseksi.

Kaapelikanavat ATK-pisteille ja pistorasioille piirrettiin yhden metrin korkeuteen, sijoittamalla ne suunnitelluille käyttöpaikoille. Muunneltavuuden helpottamiseksi verkkolaitteille suunniteltiin tekniseen tilaan oma keskus. Yrityksen päärakennuksesta tuodaan 50 mm:n asennusputki, josta tuodaan CAT6-kaapeli ATK-keskukseen. ATK-pistorasiat toimistossa suunniteltiin omalle syötölle mahdollisen UPS-akun lisäämistä varten. Varauksena tontin rajalle tuodaan toinen 50 mm:n asennusputki rakennuksen omaa kuitukaapelia varten.

WC:n valaistus ohjataan kaksiosaisella kytkimellä: toisella ohjataan kattovaloa ja toisella pistorasiallista peilivaloa. Siivouskomeroon suunniteltiin kaksi yleispistorasiaa, lämminvesivaraajan pistorasia ja kytkimellä ohjattava valaisin. Suunnitelmassa suositeltiin käytettävän liiketunnistimella varustettuja valaisimia siivouskomerossa ja WC-tilassa, jotta saataisiin käyttäjän inhimillisestä virheestä johtuvat turhat energiankulutukset poistettua. Kuvassa 8 esitetään teknisen tilan, toimiston, siivouskomeron ja WC:n sähkösuunnitelma.



Kuva 8. Toimiston, teknisen tilan, siivouskomeron ja WC:n sähkösuunnitelma.

Sosiaalitilat valaistetaan neljällä kappaleella teholtaan 20 W:n LED-valaisimilla. Tässä kohtaa tutkittiin mahdollisuutta käyttää läsnäolokytintä valaistuksen ohjaukseen. Työpäivän (7.00–16.00) aikana sosiaalitilat ovat käytössä: saavuttaessa, kahvi- ja ruokataukojen aikana, sekä poistuttaessa yhteensä noin 1,5 tuntia. Tämä tarkoittaa, että valaistuksesta voitaisiin saada seitsemän ja puoli tuntia säästöä vuorokaudessa verrattuna siihen, että ne palaisivat koko työssäoloajan. Tämä tarkoittaa vuodessa 22 päivää kahdentoista kuukauden ajan, eli valot palaisivat turhaan:

$$22 \text{ päivää} * 12 \text{ kuukautta} * 7,5 \text{ tuntia} = 1980 \text{ tuntia/vuosi}$$

Kulutuksen määräksi vuoden ajalle saadaan kilowatteina:

$$4 \text{ kpl} * 20 \text{ W} = 80 \text{ W} = 0,08 \text{ kW}, \text{ koska } 1 \text{ kW on } 1000 \text{ W}.$$

$$\text{Kulutus} = 0,08 \text{ kW} * 1980 \text{ tuntia} = 158,4 \text{ kWh}.$$

Kuluttajahinnoilla sähkön hinta 5,1 senttiä/kWh (Seinäjoen energia [Viitattu 17.4.2020]). Sekä sähkönjakeluhinnalla 3\*63 A -liittymällä 5,1 senttiä/kWh (Caruna [Viitattu] 17.4.2020).

$$5,1 \text{ senttiä/kWh} + 4,56 \text{ senttiä/kWh} = 9,66 \text{ senttiä/kWh} = 0,0966 \text{ €/kWh}$$

Eli tämä tekisi vuodessa säästöä:

$$0,0966 \text{ senttiä/kWh} * 158,4 \text{ kWh} = 15,30 \text{ €}.$$

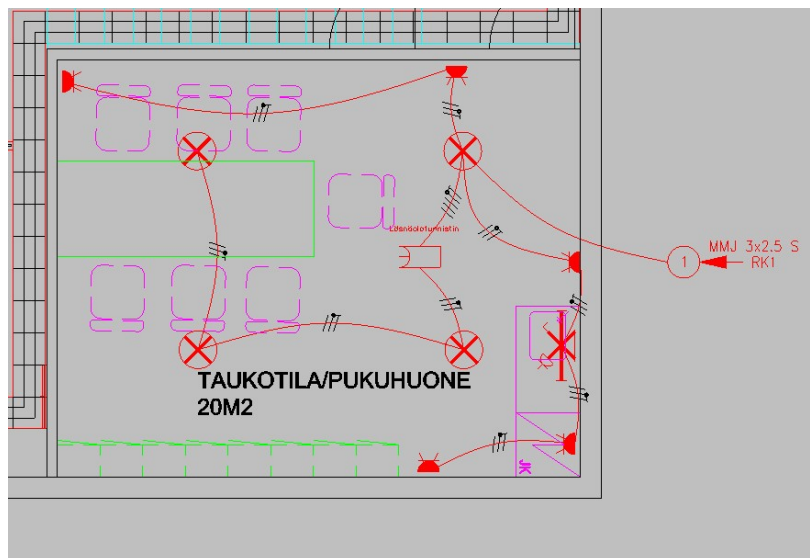
Tässä laskelmassa ei otettu huomioon Carunan perusmaksua 122,90 e/kk eikä sähköliittymän lisämaksuja.

Tätä tarkastelua tehdessä tultiin tulokseen, että arvoltaan 58,90 € oleva läsnäolo-tunnistin LUXOMAT PD3-1C-AP, maksaisi itsensä takaisin 3,85 vuodessa. Kymmenen vuoden aikana käyttöönotosta tämä olisi 6,15 vuotta säästöä, eli

15,30 euroa \* 6,15 vuotta = 94,1 euroa säästöä kymmenen vuoden kohdalla käyttöönotosta.

Tarkastelussa huomattiin, että jos laiterikon mahdollisuutta ei oteta huomioon, kyseinen ohjaustavan tuoma säästö olisi vain marginaalinen näin isossa rakennuksessa. Suunnitelmaan se päätettiin toteuttaa lähinnä mukavuustekijänä.

Sosiaalitilaan suunniteltiin neljä kappaletta kaksiosaisia pistorasioita. Tiskipöydän ja yläkaapin välitilaan yksi tasovalaisin, jossa on pistorasia. Jääkaapille piirrettiin oma pistorasia yläpuolen kaappiin. Kuvassa 9 on sosiaalitilan sähkösuunnitelma.



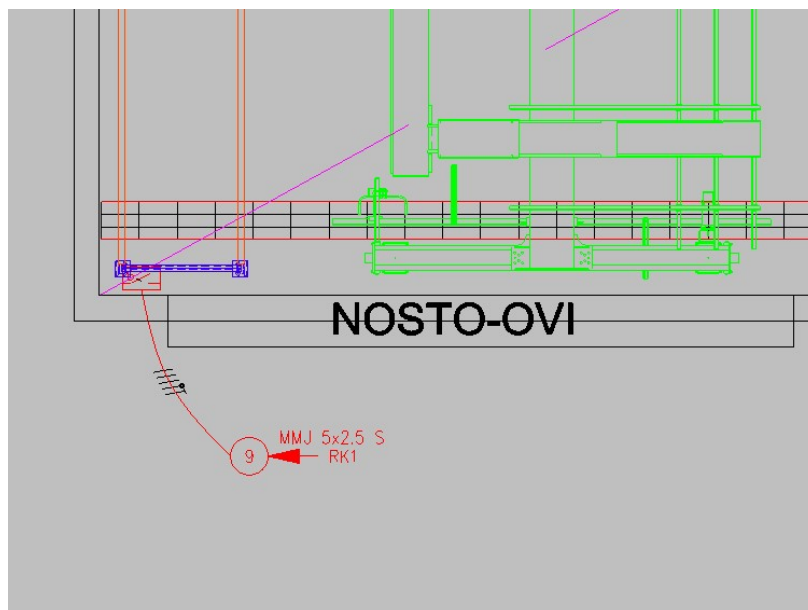
Kuva 9. Tuotantorakennuksen sosiaalitalan layout-kuva.

Teknisen tilan valaistus toteutetaan kahdella LEDVANCE DAMP PROOF LED 1500 55W 4000K IP65 LED -teollisuusvalaisimella, joita ohjataan oven viereen sijoitetulla kytkimellä. Tekniseen tilaan asennetaan ilmanvaihtokone ja kompressori. Lämminvesivaraajan, lämpöpumppujen, ilmanvaihtokoneen, kompressorin ja huippuimurin

syötöt piirrettiin LVI-suunnitelman mukaisille paikoille. Tekniseen tilaan suunniteltiin johtoteiksi johdoille lankahyllyt, sillä tilan tulee olla helposti muunneltavissa jälkeensä.

Tämän jälkeen suunnitelmaan lisättiin ulkovalaistus. Ulkovalaistuksen ohjaukseen valittiin hämäräkytkin Steinel S-3514130 IP54, joka sijoitettiin pohjoisen puoleiselle seinälle. Ulkovalaistus suunniteltiin siten, että rakennuksen koilliskulmaan jää varaus yrityksen valomainokselle. Ulkovalaistus sijoitetaan ulko-ovien sivuille. Ulkovalaistusta ohjataan hämäräkytkimellä. Nosto-ovien yläpuolelle sijoitetaan valonheittimet, joita ohjataan ulko-oven vierestä sisätiloista.

Siltanosturi ja metallisaha toimivat kolmivaiheisena ja niiden syöttöjohto on asennettava turvakytkimen kautta. Kuvassa 10 on suunnitelma siltanosturin syötöstä. Metallisahan syöttö toteutettiin samalla tavalla.

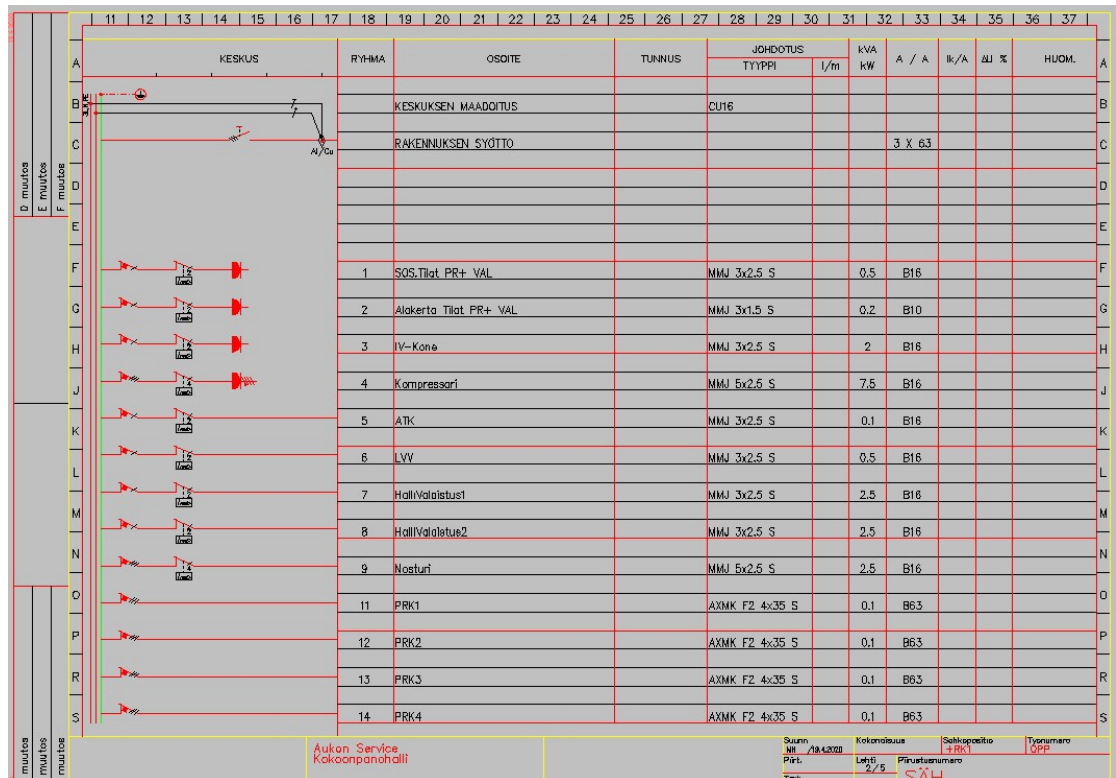


Kuva 10. Siltanosturin syöttö.

#### 4.1.1 Keskuskaavion tekeminen

Keskuskaavion piirtäminen tehtiin CADS-ohjelmalla. Valmiisiin tasopiirustuksiin (Liite 2) luotiin uusi kuva, johon tuotiin ennalta kirjatut syötöt. Esimerkki keskuskaaviosta ja täytöstä on kuvassa 11. Keskuskaavion täytössä on hyvä noudattaa yleisiä

ohjeita ja sen tulee olla selkeä ja hyvin jaoteltu helpottamaan asennusta ja mahdollisia muutoksia tulevaisuudessa. Teollisuudessa sähköistyksien tarpeet saattavat muuttua hyvinkin nopeasti, joten keskuksiin suunnitellaan riittävästi lähtöjä varalle (Aukon Service Oy 2020). Tässä suunnitelmassa keskuskaavioon suunniteltiin yhteistyötahon pyynnöstä seuraavat varalla toimivat syötöt: kolme kappaletta 3\*32 A ja 3\*25 A, kymmenen kappaletta 16 A ja 10 A.



Kuva 11. Esimerkkikuva keskuskaaviosta.

## 4.2 Aurinkosähköjärjestelmä kokoonpanohalliin

Kohteeseen suunniteltua aurinkosähkölaitteistoa tarkasteltiin taloudellisesta näkökulmasta unohtamatta kuitenkin kestäväen kehityksen keskeisiä asioita. Suurimpana hyötynä kuitenkin koettiin omavarainen käyttösähkön tuottaminen, mikä pienentää rakennuksen ylläpitokuluja.

Kun mitoitetaan aurinkosähköjärjestelmää, täytyy huomioon ottaa useita seikkoja. Tässä työssä kuitenkin tarkastelu tapahtuu suurpiirteisemmin johtuen käyttöasteen ja sähkökulutuksen muutoksista, jotka taas johtuvat yrityksen töiden luonteesta.

Ne ovat projektiluonteisia. Tässä suunnitelmassa laskentaa rajattiin keskittyen enemmän käyttökulujen peittämiseen, sillä tarkoituksena ei ole myydä ylimääräistä sähköä sähköverkkoon. Arviota toteutuneesta vuosittaisesta ja kuukausikohtaisesta sähkönkulutuksesta on vaikea laskea tarkkaan. Myös talvikuukausina tuotettua aurinkoenergiaa on vaikea arvioida.

Talviaikana paneelit on suunnattava keräämään auringon heijastuksia lumipeitteestä, joten maaston muodot ja muut rakennukset tuovat laskelmiin muuttujia, joita on mahdoton laskea. (Suntekno Oy 2012).

Tämän vuoksi arviot takaisinmaksuajasta ja järjestelmän tuotosta ovatkin vain suuntaa antavia ja tukeutuvat energiayhtiöiden laskureihin. Suunnitelman kohteena olevan rakennuksen sijainti on erinomainen aurinkopaneeleiden sijoittamiseen. Varjostavat puut on kaadettu ja maasto ympärillä on tasaista peltoa, joten aurinko pääsee paistamaan paneeleihin ilman ympäristön tuomia esteitä ja varjostuksia. Tästä syystä odotukset tuotolle ovat optimaaliset.

Ennen mitoitusta tarkastellaan rakennuksen suurimpaa yksittäisiä kuluttajaa eli lämmitystä. Kiinteistön lämpö tuotetaan kahdella NIBE F2120-20 20 kW:n lämpöpumpulla. Lämmityksen tarpeesta ja laskemisesta konsultoitiin pumppuvalmistajaa, jolta saatiin arvio lämmitykseen käytettävän energian kulutuksesta. Tavoiteltavilla lämpötiloilla valmistajan ilmoittama lämmitystarve on 75 000 kWh, sähköenergian tarve pumpuilla lämmitykseen on tuolloin 24 500 kWh vuodessa (Väätänen 21.1.2020).

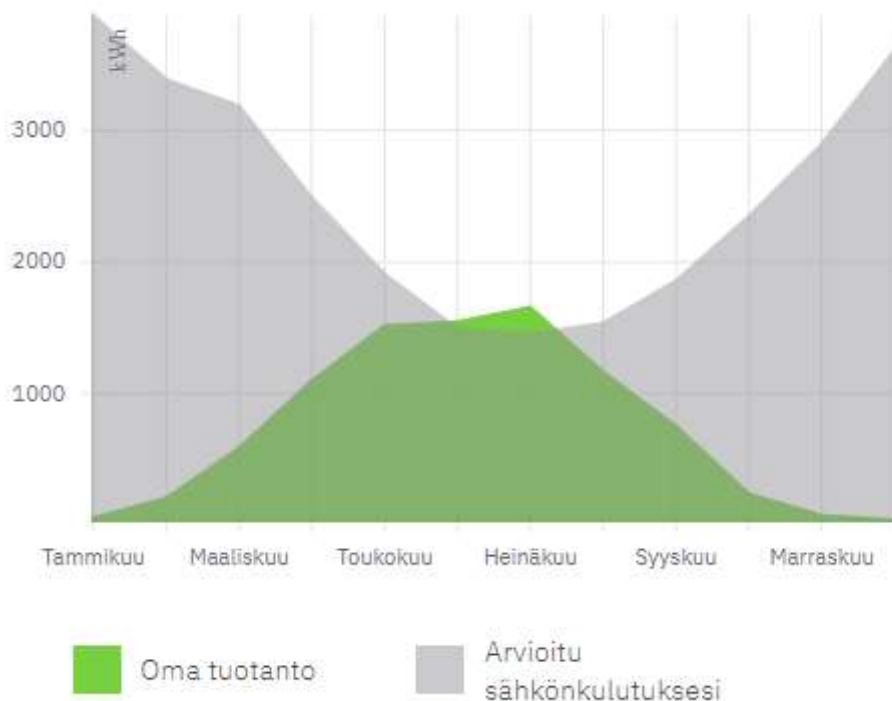
*Laskelmasta, Energialaskelma perustuu lämpöpumpun standardien mukaisiin testiarvoihin ja arvioon laitteen käyttöympäristöstä ja -tavasta rakennusmääräysten mukaisissa sääolosuhteissa. Lopullisessa asennuksessa energiankulutus vaihtelee sääolosuhteiden, rakennuksen ja lämmitysjärjestelmän toteutuksen ja käytön mukaan ja voi siten poiketa laskelmasta. (Väätänen 21.1.2020.)*

Väre Oy:n aurinkolaskuriin sijoitettu 25 000 kWh:n vuosikulutus antaa suositukseksi 6,60 kWp tehoisen järjestelmän. Vuotuiseksi kokonaiskulutukseksi saadaan 5600 kWh. Arvioitu säästö euroissa olisi 840 €. Jos voimalan koko nostetaan seuraavaan kokoon 9,9 kWp, samalla 25 000 kWh:n kulutuksella arvio vuosituotannosta on 8400 kWh ja arvioitu säästö 1260 €. (Väre Oy 2020.)

Verkkohaltija Caruna Oy:n (2020) sivustolla olevan laskurin mukaan kyseisen rakennuksen voimalan suositukseksi annetaan 9,9 kWp, jolloin takaisinmaksuaika investoinnille olisi 12 vuotta. Vuosituotto arviolta 8924 kWh ja investoinnin hinta olisi 11 400 €.

Kuvassa 12 esitetään harmaalla värillä arvioitu oma kulutus jaettuna vuoden jokaiselle kuukaudelle. Kuvassa vihreä alue kuvaa aurinkoenergian tuottoa kuukaudessa. Kuvan mukaan omavaraisuusaste olisi 21 %.

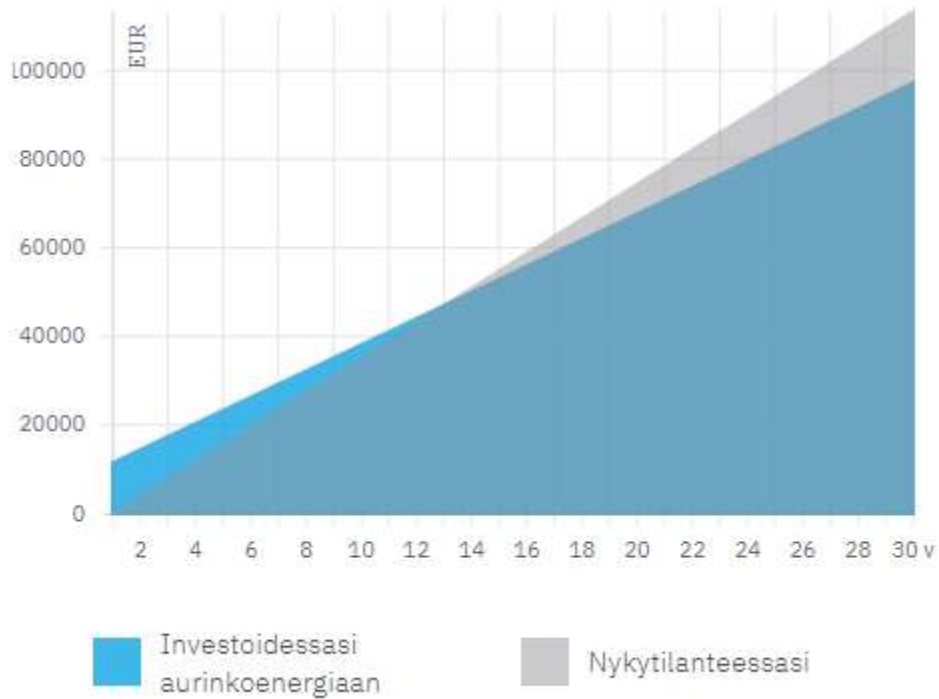
### Aurinkosähkösi tuotantoarvio ja oma arvioitu sähkönkulutuksesi eri vuodenaikoina ⓘ



Kuva 12. Arvioitu kulutus kuukausittain (Caruna Oy 2020).

Laskurin mukaan investoimalla aurinkosähköön voisi 30 vuoden aikana säästää 28 410 € ja vuodessa arviolta 947 €. Kun lasketaan investoinnin arvon pois, syntyy säästöä 30 vuoden aikana 17 010 € sähkön hinnan ja siirron pysyessä samana. Laskuria testattiin myös eri kulutusarvioilla: 25 000 kWh, 30 000 kWh, 45 000 kWh ja 50 000 kWh. Järjestelmän huipputehoksi saatiin kaikilla testatuilla arvoilla sama 9,9 kWp. Optimaalisin järjestelmä on siis 9,9 kWp, vaikka kulutus kasvaisi käytön

myötä isommaksi. (Caruna Oy 2020.) Kuvassa 13 esitetään takaisinmaksuajan muutos säästöä tuottavaksi.



Kuva 13. Arvio takaisinmaksuajasta (Caruna 2020).

Laskelmat on tehty asennetun ja valmiin järjestelmän hinnalla. Yhteistyötahon toimiessa sähköalalla ostavat he laitteet suoraan tukusta ja asennus suoritetaan omana työnä. Etuna saadaan pienennettyä kokonaiskuluja ja nopeampi takaisinmaksuaika investoinnille.



## 5 YHTEENVETO

Sähkösuunnitelmaa tehdessä on otettava monia asioita huomioon. Suunnittelua aloitettaessa oli äärimmäisen tärkeää, että asiakkaan tarpeet kirjattiin ylös, joihin tarkennuksien pyytäminen myöhemmin oli helppoa. Vuorovaikutteisessa kanssakäymisessä on isona etuna se, että saadaan tuotettua asiakkaalle juuri heidän tarpeeseensa räätälöity, yksilöllinen suunnitelma. Suunnittelussa otettiin huomioon, että rakennuksen sähköjärjestelmään on jälkeempäin vielä mahdollista räätälöidä mahdollisimman helposti lisäosia. Sähköturvallisuus on suunnittelussa avainasemassa ja suunnitelman pitää olla toteutettavissa teknisesti ja rakenteellisesti. Hyötyä suunnitteluun oli tämän työn tekijän liki 12 vuoden kokemus teollisuuden sähköistyksistä ja teollisuuteen rakennettavien sähköjärjestelmien rakennustavoista.

Työssä tuotettiin Aukon Service Oy:lle valmiit sähkösuunnitelmat. Suunnitelmat sisältävät komponenttiluettelon (Liite 1), layout-kuvat, keskuskaavion ja asemakaavaan piirretyt syöttö- ja maadoitusjohdot. Suunnitelman avulla budjettilaskeminen ja tarjouksen pyytäminen on helppoa, vaikka tarjousta pyytävä henkilö ei olisi sähköalan ammattilainen. Yritys toimii sähköalalla, joten sähköjärjestelmän he rakentavat itse. Tulevaisuudessa tämän työn tuotoksena syntynyt materiaali auttaa yritystä sähkösuunnittelussa ja sähköjärjestelmien asennuksessa.

Aurinkoenergiajärjestelmän kannattavuutta pohdittaessa tultiin tulokseen, että järjestelmä hankitaan rakennukseen. Aukon Service Oy:lle tuotettiin samalla laskelmia rakennuksen sähkönkulutuksesta ja kohteista, joissa energiaa voidaan säästää.

Tietoverkkoja suunniteltaessa tuli yllätyksenä, että Elisan verkkoalueella ei myydä enää kiinteää parikaapeliyhteyttä, eli ADSL-liittymää. Vaikka kiinteistölle tulisikin parikaapeli, vanhoja liittymiä ei avata käyttöön siinäkään tapauksessa, vaikka valokuitua ei olisikaan vielä saatavilla alueella.

Ehdotuksena Aukon Service Oy:lle jätettiin suunnitelma kiinteistöautomaatiojärjestelmästä, joka toteutettaisiin Beckhoffin paneeliPC-järjestelmällä. Järjestelmään liitettäisiin kaikkien valaistuksien lähtöjen ohjaus sekä tuotantokoneiden ohjaukset. Informoivana osiona näytölle sijoitettaisiin energiankulutuksen ja aurinkoenergian tuottoa osoittavat mittarit.

Aurinkovoimalaksi ehdotetaan hankittavan sähkötukku SLO:lta Green Energy Finland Oy:n toimittamaa aurinkosähköjärjestelmää.

9,9 kWp:n green -aurinkosähkövoimalan komponenttitoimitus:

- 36 kpl JA Solar JAP60S01-275-SC F35 275 Wp monikidepaneeli. **Liite 3**
- 1 kpl Fronius Symo 10.0-3-M Light -invertteri (tuotannonseuranta invertterin näytöltä). **Liite 4**
- Paneelien kiinnitysjärjestelmä harjakatolle aaltopeltikattokiinnikkeillä, paneelit asennetaan lappeensuuntaisesti pystyasentoon 1–4 riviin
- DC- ja maadoituskaapelit 20 metrin asennusetäisyydelle
- 1 kpl lukittava DC-turvakytkin
- 1 kpl lukittava AC-turvakytkin
- Voimalan pientarvikkeet, kuten PV-Stick -pikaliittimet (vastaava kuin MC4-tuotemerkki) ja varoitustarrat.

## LÄHTEET

Aukon Service Oy. 2020. [Verkkosivusto]. Aukon Service Oy. [Viitattu 14.04.2020]  
Saatavana: <https://www.asxsystems.fi/>

Caruna Oy. 2020. Aurinkosähkölaskuri. [Verkkosivu]. Caruna Oy. [Viitattu  
1.4.2020]. Ei saatavana: <https://www.virtane.fi/aurinkopaneelit/kilpailuta/tutustu/>

Caverion Oy. Ei päivystä. Sähköistys, aurinkosähkö. [Verkkosivu]. Caverion Oy.  
[Viitattu 6.4.2020]. Saatavana: <https://www.caverion.fi/jarjestelmat-ja-tuotteet/sahkoistys/aurinkosahko>

Elisa Oy. 2020. Elisan 5G kuuluvuus. 2020. [Verkkosivu]. [Viitattu 23.4.2020]. Saatavana: <https://elisa.fi/kuuluvuus/?verkko=5G>

EN 50173-4 + ISO/IEC 15018. 2004. Yleiskaapelointistandardi. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

JTT Power Oy. 2017. Millainen on hyvä sähkösuunnitelma – ja mitä hyötyä siitä on? [Verkkosivu]. [Viitattu 20.4.2020]. Saatavana: <https://www.jttpower.fi/blogi/millainen-hyva-sahkosuunnitelma-ja-mita-hyotya-siita/>

Kallio, R. 10.1.2020. Valaistussuunnitelma. Kempele. Ledistys Oy.

Ledistys Oy. 2020. Teollisuushallin valaistus. [Verkkojulkaisu] Ledistys Oy. [Viitattu 16.1.2020]. Saatavana: <https://ledistys.fi/blogi/teollisuushallin-valaistus-ota-huomi-oon-nama-seikat-kun-valaistuksen-uusiminen-tulee-ajankohtaiseksi/>

Motiva. 2019a. Aurinkosähkötöknologiat. 2019. [Verkkosivu]. Motiva. [Viitattu 14.4.2020]. Saatavana: [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelmat/aurinkosahkoteknologiat](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelmat/aurinkosahkoteknologiat)

Motiva. 2019b. Auringonsäteilyn määrä Suomessa. [Verkkosivu]. Motiva. [Viitattu 14.4.2020]. Saatavana: [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)

Motiva. 2019c. Verkkoon liitetty aurinkosähköjärjestelmä. 2019. [Verkkosivu]. Motiva. [Viitattu 11.3.2020]. Saatavana: [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/jarjestelman\\_valinta/tarvittava\\_laitteisto/verkkoon\\_liitetty\\_aurinkosahkojarjestelma](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/tarvittava_laitteisto/verkkoon_liitetty_aurinkosahkojarjestelma)

Seinäjoen energia Oy. 2020. Sähkön myynti. [Verkkosivu]. Seinäjoen energia Oy [Viitattu 17.4.2020]. Saatavana: <https://seinajoenenergia.fi/sahkon-tilaus/?yritys>

Suntekno Oy. 2010. Aurinkoenergian ABC-opas. 2010. [Verkkosivu]. Suntekno Oy. [Viitattu 14.4.2020]. Saatavana: <http://suntekno.bonsait.fi/resources/public/tie-topankki//aurinkoenergia.pdf>

Sähköala.fi. 2015. Sähkösuunnittelijoiden pätevyudet. [Verkkosivu]. Sähköinfo Oy [Viitattu 14.4.2020]. Saatavana: [https://www.sahkoala.fi/ammattilaiset/uutiset/uutisarkisto/2015/fi\\_FI/291215\\_sahkosuunnittelijoiden\\_patevyudet/](https://www.sahkoala.fi/ammattilaiset/uutiset/uutisarkisto/2015/fi_FI/291215_sahkosuunnittelijoiden_patevyudet/)

Sähkösuunnittelu. 2020. Sähkösuunnittelijan kelpoisuusvaatimukset. [Verkkosivu]. Sähkösuunnittelu.fi [Viitattu 14.4.2020]. Saatavana: [http://www.xn--shksuunnittelu-5hb40a.fi/data/uploads/pdf/kelpoisuusvaatimukset\\_taulukko.pdf](http://www.xn--shksuunnittelu-5hb40a.fi/data/uploads/pdf/kelpoisuusvaatimukset_taulukko.pdf)

Telia Oy. 2017. [Verkkosivu]. Pientalorakentajan tietoliikenneopas. [Viitattu 1.4.2020]. Saatavana: <https://www.telia.fi/dam/jcr:8c556c1e-8fc2-4d63-9083-7402bc76a48f/pientalorakentajan-tietoliikenneopas-2017.pdf>

Tukes. 2020. Suunnittelu. [Verkkosivu]. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukes. [Viitattu 20.4.2020]. Saatavana: <https://tukes.fi/sahko/sahkolaitteistot/suunnittelu>

Työsuojeluhallinto. 2018. Fysikaaliset tekijät: Valaistus. [Verkkosivu]. Työsuojeluhallinto. [Viitattu 13.4.2020]. Saatavissa: <https://www.tyosuojelu.fi/tyoolot/fysikaaliset-tekijat/valaistus>

Väätänen, J. 21.1.2020. Energialaskelma. Vantaa. NIBE Energy Systems Oy.

Väre Oy. 2020. Aurinkolaskuri. [Verkkosivu]. Väre Oy. [Viitattu 14.04.2020] Saatavana: <https://vare.fi/aurinkolaskuri/>

## **LIITTEET**

**Liite 1 Osaluettelo**

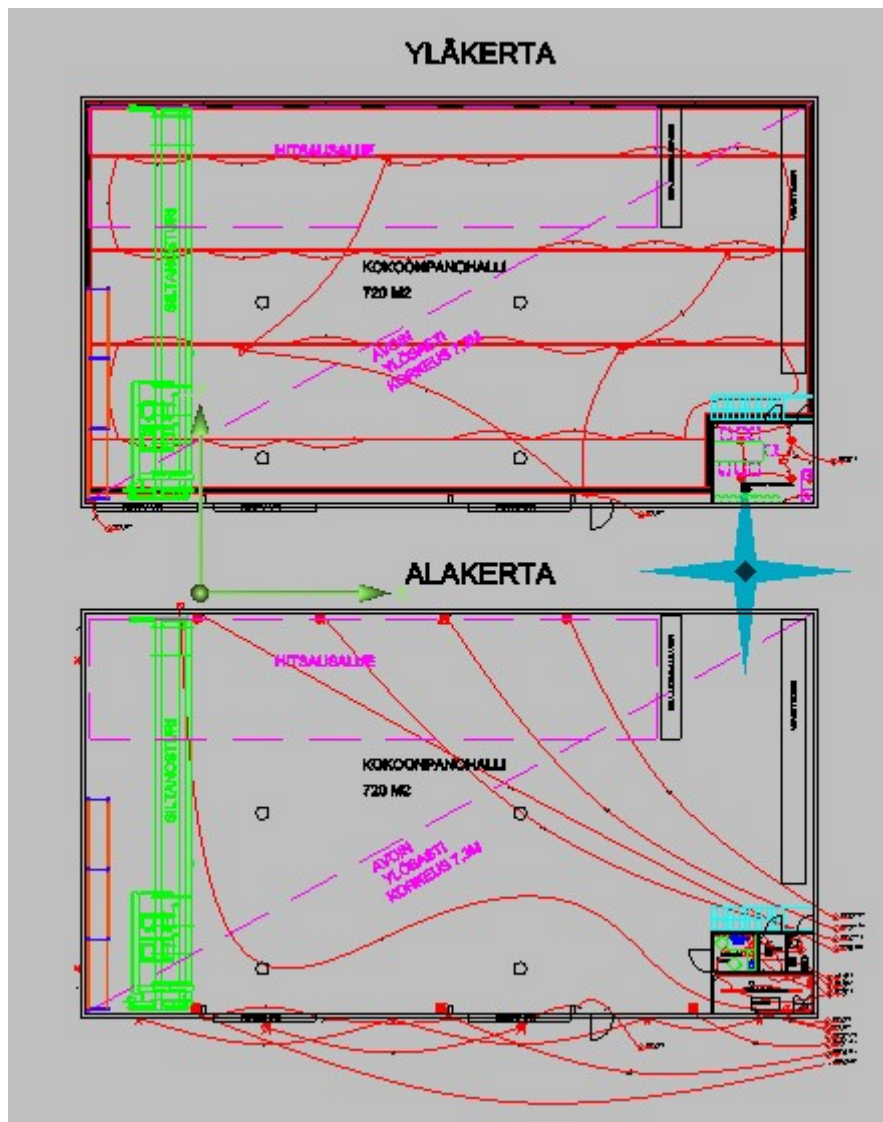
**Liite 2 Esimerkki tuotetusta layout kuvasta**

**Liite 3 Voimalan paneelit**

**Liite 4 Voimalan Invertteri**



## Liite 2 Esimerkki tuotetusta layout kuvasta



## Liite 3 Voimalan paneelit

# Harvest the Sunshine



Poly

## 280W Module

JAP60S01 260-280/SC Series

**Introduction**

This time-tested legacy module series has been proven to be one of the powerful and most reliable products offered by JA Solar and the most popular choice by PV system installers and customers around world.



5 busbar solar cell design



Low cost



Anti-PID



Highly reliable due to strict quality control

**Superior Warranty**

- 12-year product warranty
- 25-year linear power output warranty



■ JA Linear Power Warranty ■ Industry Warranty

**Comprehensive Certificates**

- IEC 61215, IEC 61730, UL 1703, IEC TS 62804, IEC 61701, IEC 62716, IEC 60068-2-68
- ISO 9001: 2015 Quality management systems
- ISO 14001: 2015 Environmental management systems
- OHSAS 18001: 2007 Occupational health and safety management systems
- IEC TS 62941: 2016 Terrestrial photovoltaic (PV) modules – Guidelines for increased confidence in PV module design qualification and type approval



JA SOLAR

[www.jasolar.com](http://www.jasolar.com)

Specifications subject to technical changes and tests. JA Solar reserves the right of final interpretation.





## Liite 4 Voimalan Invertteri

### FRONIUS SYMO 10.0-3-M Light (GEF 36, 38 ja 40 paneelin voimalat)

Tarjotussa voimalassa olemme käyttäneet vaihtosuuntaajina nimellisteholtaan 10 kW kolmivaiheista Fronius Symo 10.0-3-M Light –invertteriä. Invertterissä on integroitu DC –erotuskytkin. Lisäksi invertterissä on varistorein toteutettu tyypin II ylijännitesuojaus ja paneeliketjun (string) tulovirran monitorointi. Näiden ominaisuuksien ansiosta voimalaan ei välttämättä tarvitse asentaa erillisiä stringkoteloita vaan stringkaapeloinnit voidaan kytkeä suoraan invertteriin. Invertteri on IP65 -suojattu ja siinä on kaksi MPP –seurainta. Invertterillä on erityisen korkea hyötysuhde, jopa 98 %. Voimalan invertteri on mitoitettu optimaaliseksi suunnitellun kokoiseen voimalaan.

