



Ville Pasanen

# Uudisrakennuksen sähkösuunnitelma

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

4.4.2025

# Tiivistelmä

Tekijä:	Ville Pasanen
Otsikko:	Uudisrakennuksen sähkösuunnitelma
Sivumäärä:	36 sivua + 8 liitettä
Aika:	4.4.2025
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine:	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat:	Lehtori Ossi Hämäläinen

---

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella uudisrakenteisen omakotitalon sähköjärjestelmä ja sähköauton latauspiste. Suunnittelussa luodaan dokumentit sähköurakan kilpailutusta ja toteuttamista varten. Työ tehtiin todelliseen kohteeseen, jonka rakentaminen alkaa tänä vuonna. Suunnittelussa huomioitiin ajantasainen lainsäädäntö ja standardit, ja tämän työn avulla tilaaja saa selkeän kokonaiskuvan kiinteistönsä sähköjärjestelmästä. Lopulliset piirustukset jäävät tilaajalle.

Suunnitteluprosessi suoritettiin yhteistyössä tilaajan kanssa määritellen sähköjärjestelmän taso ja sähköpisteet tilaajan toiveiden mukaisiksi. Suunnitelmasta rajattiin pois valaistusluettelo ja valaistuslaskelmat, mutta siihen sisällytettiin aurinkosähkön soveltuvuustarkastelu, sähköauton latauspisteen suunnittelu ja energiatehokkaiden kodinkoneiden säästöpotentiaalin arviointi. Suunnitelmat laadittiin yhteensovittaen arkkitehdin ja LVI-suunnittelijan ohjeet, ja tilaaja osallistui aktiivisesti luonnosvaiheeseen.

Sähköauton latauspiste suunniteltiin dynaamisella kuormanhallinnalla, joka rajoittaa lataustehoa kiinteistön muun kulutuksen mukaan. Tehovaihtoehtoina tarkasteltiin 11 kW:n ja 22 kW:n latauslaitteita, ja suunnitelma varautuu pääsulakkeen kasvattamiseen 3x35 A:iin.

Aurinkosähköjärjestelmä tarkasteltiin päärakennuksen kattoa hyödyntäen, missä soveltuvaa asennuspinta-alaa on noin 80 m<sup>2</sup>. PVGIS-laskelman mukainen arvio vuosituotosta oli 8600 kWh, ja järjestelmän taloudellisen kannattavuuden todettiin olevan herkkä sähkön hinnan ja oman vuorokausikulutuksen vaihteluille. Kesäkuukausina oma tuotanto voi kattaa kulutuksen.

Kodinkoneiden energiatehokkuuden säästöpotentiaali arvioitiin jää- ja pakastinkaappien osalta. Kylmälaitteiden hankintahinta ei korreloi suoraan energiatehokkuuden kanssa. Energiatehokkaampien laitteiden tuoma säästö on marginaalista laitteen elinkaaren ajan tarkastelussa. Sen sijaan niiden sijoittelulla ja oikeanlaisella käytöllä on merkitystä kokonaisenergian kulutukseen.

Avainsanat: sähkösuunnittelu, sähköauton latauspiste, aurinkosähköjärjestelmä

---

## Abstract

Author: Ville Pasanen  
Title: Electrical plans for a single-family house  
Number of Pages: 36 pages + 8 appendices  
Date: 11 March 2025

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Electrical and Automation Engineering  
Professional Major: Electrical Power Engineering  
Supervisors: Ossi Hämäläinen, Senior Lecturer

---

The objective of this thesis was to design the electrical system and the electric vehicle charging station for a single-family house. The design process included creating documentation for the competitive bidding and implementation of the electrical contract. The work was carried out for a real project, with construction scheduled to begin this year. The design adheres to the current legislation and standards, providing the client clear overview of the property's electrical system. The final drawings will remain with the client.

The design process was conducted in collaboration with the client, defining the level of the electrical system and the placement of electrical points according to the preferences. The goal excluded a lighting inventory and lighting calculations but included an assessment of solar power suitability, the design of an electrical vehicle charging station, and an evaluation of the savings potential of efficient household appliances were added to thesis. The plans were prepared in coordination with the architect's and HVAC designer's guidelines, and the client actively participated in the draft phase.

The electric vehicle charging point was designed with dynamic load management, which limits charging power based on the property's other consumption. Power options of 11 kW and 22 kW charging devices were considered, and the plans allow for upgrading the main fuse to 3x35 A.

The solar power system was evaluated using the roof of the main building, where approximately 80 m<sup>2</sup> of suitable installation area is available. According to PVGIS calculations, the estimated annual yield is 8600 kWh, and the system's economic viability was found sensitive to fluctuations in electricity prices and daily self-consumption. During summer months, self-production may cover consumption.

The energy-saving potential of household appliances was assessed in terms of refrigerators and freezers. The purchase price of appliances does not directly correlate with energy efficiency. The savings from the more energy efficient devices are marginal when considered over the appliance's lifecycle. However, their placement and proper use significantly impact overall energy consumption.

Keywords: Electrical design, Electric vehicle charging point, Solar power system

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Suunnitteluprosessi ja rajaus	1
3	Sähkösuunnittelu	2
3.1	Sähköliittymän mitoitus	2
3.2	Sähkötekniset laskelmat	6
3.3	Suunnitelman dokumentit	8
3.4	Asemapiirros	9
3.5	Asennuspiirustukset	10
3.6	Pääkaaviot	13
3.7	Järjestelmäkaaviot	15
4	Sähköauton latauspiste	18
4.1	Kuormanhallinta	20
4.2	Laitteen valinta	21
5	Aurinkosähköjärjestelmä	22
5.1	Aurinkosähköjärjestelmän soveltuvuus suunniteltavaan kohteeseen	23
5.2	Aurinkosähköjärjestelmän taloudellinen kannattavuus	27
6	Kodinkoneiden energiankulutuksen tarkastelu	33
7	Yhteenveto	37
	Lähteet	39

## Liitteet

Liite 1: Asiakirjaluettelo

Liite 2: Asemapiirros

Liite 3: Asennuspiirustukset

Liite 4: Pääkeskuksen pääkaavio

Liite 5: Ryhmäkeskuksen pääkaavio

Liite 6: Maadoituskaavio

Liite 7: Antenni- ja yleiskaapelointikaavio

Liite 8: Palovaroitin järjestelmäkaavio

## Lyhenteet

ITK-keskus: *Informaatioteknologian keskus*. Keskus, josta kiinteistön internet- ja antennijärjestelmät jaetaan kulutuspisteisiin.

PVGIS: *Photovoltaic Geographical Information System*. Euroopan komission yhteisen tutkimuskeskuksen ylläpitämä verkkosivusto, jossa voi tarkastella aurinkopaneeliston tuottopotentiaalia.

STC: *Standard test conditions*. Vakioidut olosuhteet aurinkopaneelien testaamiseksi.

ST-kortti: *Sähkötiетokortti*. Sähköinfo Oy:n ylläpitämä tietokanta sähkötiетokorteista antaa ajantasaisia ohjeita määräysten ja standardien mukaisista suunnittelu- ja asennustavoista.

## 1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä esitellään kattava sähkösuunnitelma uudisrakennukselle, joka kattaa pientalon ja siihen liittyvän piharakennuksen sähköjärjestelmän, energiaratkaisut sekä erityisjärjestelmät, kuten sähköauton latauspisteen suunnittelun ja aurinkosähköjärjestelmän soveltuvuustarkastelun. Suunnittelu-prosessissa tavoitteena on tyytyväinen tilaaja. Suunnitelmat toteutetaan noudattaen ajantasaisia ohjeistuksia sähkösuunnitteluun. Tavoitteena on luoda kustannustehokas, turvallinen ja tulevaisuuden tarpeita palveleva sähköjärjestelmä, joka tukee kiinteistön energiatehokkuutta ja ympäristöystävällisyyttä.

Tämän opinnäytetyön avulla tilaaja ymmärtää syvemmin kiinteistönsä sähköjärjestelmän perusteet ja pystyy käyttämään sitä myöhemminkin hyödykseen toteuttaessaan tulevia päätöksiä ja hankintoja. Opinnäytetyö toimii perustana urakkakilpailutuksella ja urakoitsijan toteutustyölle tarjoten samalla selkeän kokonaiskuvan projektin teknisistä ratkaisuksista ja niiden perusteista.

## 2 Suunnitteluprosessi ja rajaus

Suunnittelu aloitettiin tapaamisella tilaajan kanssa. Ennakkotehtävänä tilaajaa pyydettiin tekemään alustava sähköpisteiden sijoittelu huonekohtaisesti. Tapaamisessa keskusteltiin sähköjärjestelmän tason vaikutuksista rakentamiskustannuksiin ja määritettiin sen perusteella tulevan kiinteistön sähköjärjestelmän tasoiksi perustaso. Keskustelun pohjalta luonnosteltiin sähköpisteiden sijoittelun ja alustavat valaisinryhmät. Samalla sovittiin, että suunnitelmasta rajataan pois valaistuslaskelmat ja 3D-törmaystarkastelu. Lisätoiveena tilaaja esitti, että suunnittelija suorittaa tarkastelun aurinkosähköjärjestelmän soveltuvuudesta kiinteistöön, suunnittelee sähköauton latauspisteen ja tutkii, saavutetaanko säästöä niiden elinkaaren aikana hankkimalla mahdollisimman energiatehokkaita kodinkoneita kalliimpaan hankintahintaan. Suunnitelmissa sovittiin huomioitavan kiinteistön suunnitelleen arkkitehdin yleisohjeet sähkösuunnitteluun ja yhteensovitus LVI-suunnitelmiin.

Suunnittelutyön aikana tilaajalle esiteltiin eri luonnossuunnitelmia ja heillä oli mahdollisuus tehdä muutoksia toiveidensa mukaisesti. Lopulliset piirustukset toimitettiin tilaajan käyttöön urakkalaskentakilpailutusta varten.

### **3 Sähkösuunnittelu**

Sähkösuunnittelussa luotiin asiakirja- ja piirustuskokonaisuus, joka palvelee niin tilaajaa kuin urakoitsijaa. Suunnitelmien avulla tilaaja voi kilpailuttaa sähköurakan toteuttamisen ja urakoitsija antaa tarjouksen ja kustannusarvion. Urakoitsija toteuttaa sähkötyöt suunnitelmien mukaisesti ja luovuttaa urakan valmistuttua tilaajalle lopulliset piirustukset, jotka vastaavat toteutunutta sähköurakkaa. Tilaaja säilyttää nämä lopulliset piirustukset mahdollisia tulevia huolto- ja lisätoita varten.

Suunnitelmapiirustukset laadittiin noudattaen standardin SFS 6000 [1] ohjeita. Standardin kohdan 5-51 ohjeiden mukaan dokumenttien tulee sisältää yksityiskohtaiset tiedot siltä osin kuin ne ovat tarpeellisia kussakin asennuksessa. Nämä tiedot tulee olla käytettävissä asennuksen jokaisesta piiristä. Piirustuksista ja dokumenteista on selvittävä myös peitossa olevien laitteiden sijoitukset, [1.]

#### **3.1 Sähköliittymän mitoitus**

Kiinteistön sähköverkon ja -liittymän oikeanlainen mitoittaminen on tärkeimpiä asioita kiinteistön sähkösuunnittelussa. Alimitoitettu sähköverkko ja liittymä saattavat rajoittaa rakennusten käyttöä, kun taas ylimitoitus aiheuttaa ylimääräisiä kuluja rakennusvaiheessa sekä myöhemmin käyttökuluina. Suunnitteluvaiheessa kiinteistön sähköverkko ja liittymä tulisikin mitoittaa siten, että ne ovat riittävän suuria myös tulevaisuudessa kiinteistön elinkaari huomioiden. Liittymiskaapelin on mahdollistettava pääsulakkeen koon kasvattaminen yhdellä, jotta esimerkiksi tulevaisuudessa kiinteistöön olisi mahdollista asentaa myös toinen sähköauton latauspiste tai nostaa nyt suunniteltavan latauspisteen tehoa.

Liittymiskaapeli ja sähköliittymä mitoitetaan kiinteistön tarvitseman huipputehon mukaan. Huipputeho on hetkellisesti suurin jakeluverkosta otettava teho. Tämä teho ei saa ylittää sähköliittymän nimellistehoa. Huipputeho voidaan määrittää ST-kortin 13.31 [2, s. 5] avulla. ST-kortin taulukosta 2 sopivin vaihtoehto tälle kiinteistölle on omakotitalo, jossa ei ole sähkölämmitystä, mutta jossa on sähkökiuas. Kiinteistöön ei tule sähkökiuasta, mutta ilmavesilämpöpumpun sähkövastuksien teho vastaa sähkökiukaan vaatimaa tehoa.

Taulukosta 2 [2] valittu kaava huipputehon peruskuorman laskemiseen on seuraava:

$$P_H = 7,5 + 26 \cdot \frac{A}{1000} = 7,5 + 26 \cdot \frac{130}{1000} = 10,88 \text{ kW}$$

, jossa

$P_h$  on arvioitu huipputeho (kW)

$A$  on lämmitetty pinta-ala ( $m^2$ )

Huipputehon laskennassa jätetään huomioimatta kaikki ne laitteet, jotka eivät ole käytössä samanaikaisesti. Suunniteltavan kiinteistön ilmalämpöpumppuja käytetään jäähdytykseen, joten ne eivät ole samaan aikaan käytössä lämmityksen kanssa.

Sähköliittymän valinta suoritetaan huipputehoa vastaavan huippuvirran perusteella.

$$I_{MAX} = \frac{P_h}{\sqrt{3} * U_p * \cos \varphi} = \frac{10,88 \text{ kW}}{\sqrt{3} * 400 \text{ V} * 0,96} = 16,36 \text{ A}$$

jossa,

$U_p$  = Verkon pääjännite 400 V

$\cos \varphi =$  tehokerroin

Huippuvirran avulla määritettiin liittymän kooksi 3x25 A:n pääsulakekoko. Tämä sulakekoko riittää kiinteistön peruskuormalle ja mahdollisten lisälaitteiden samanaikaisuudelle. Yksittäisenä tehonkuluttajana sähköauton latauspiste ylittäisi sulakekohtaisen huippuvirran, ja sen vuoksi se suunniteltiin dynaamisella kuormanhallinnalla. Tällöin latauspiste käyttää maksimitehonaan kiinteistön muilta kuluttajilta jäävää tehoa liittymän maksimitehoon saakka. Sähköliittymän laajennettavuus kuitenkin huomioitiin sähkösuunnitelmissa siten, että pääsulakekoko on kasvatettavissa vain sulakekoko vaihtamalla.

Kiinteistön jakeluverkon haltijana toimiva Helen Oy määrittää suunnitellulle pääsulakkeelle sopivaksi liittymiskaapeliksi kaapelin AXMK 4x25 S, mikäli sähköverkon mitoitus ei edellytä suurempaa poikkipinta-alaa [3]. Sama kaapeli sopii myös sulakekoolle 3x35 A. Liittymisjohdon valinnassa huomioidaan mekaaninen kestävyys, kaapelin kuormitus- ja oikosulkuvirtakestävyys, kaapelin aiheuttamat jännitehäviöt sekä riittävä oikosulkuvirta keskukselle.

Mekaaninen kestävyys huomioidaan asentamalla kaapeli riittävän syväälle maan alle tai suojaamalla se putkella. Kaapeli on asennettava sähköstandardin SFS 6000 osan 8-814 [4] ja verkonhaltijan ohjeiden [3] mukaan vähintään 70 cm:n syvyyteen tai A-luokan suojaputkessa vähintään 30 cm:n syvyyteen. Suunniteltu kaapelireitti piha-alueella tulee kulkutien alle, joten se asennetaan putkessa vähintään 70 cm:n syvyyteen. Putkitettu asennus mahdollistaa myös kaapelin vaihtamisen tarvittaessa tai toisen liittymiskaapelin asentamisen kiinteistön tehontarpeen kasvaessa.

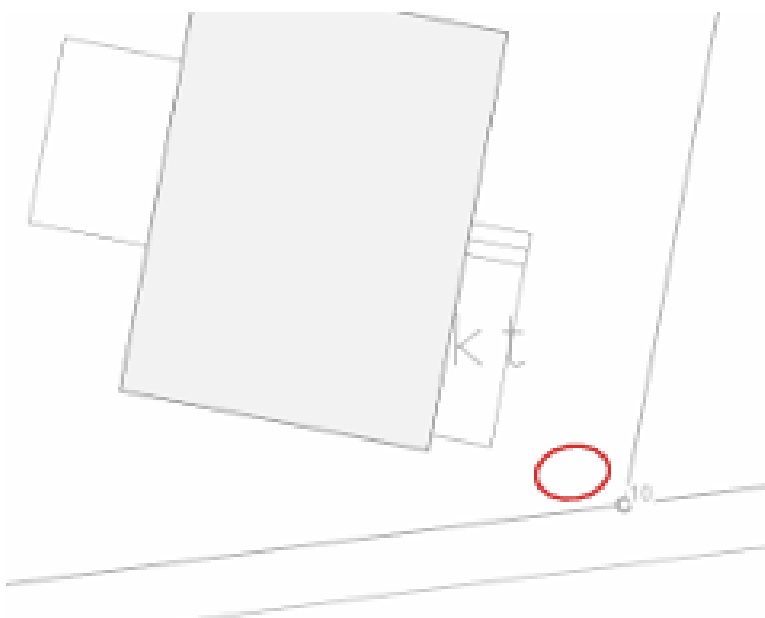
Kuormitus- ja oikosulkuvirtakestoisuus sekä riittävä oikosulkuvirtakestoisuus varmistettiin laskelmalla. Laskelmassa huomioitiin paikalliset asennusolosuhteet. Sähköliittymän pääsulakkeeksi valittu 25 A:n tulppasulake vaatii johtimelta kuormitettavuutta taulukon 1 mukaisesti 28 A.

Taulukko 1. Johtimen alimmat kuormitettavuudet [5].

<b>gG-sulakkeen nimellisvirta (A)</b>	<b>Alin kuormitettavuus (A)</b>
25	28
35	39
50	55

Valitun liittimisjohdon suurin kuormitettavuus on standardin SFS 6000 liitteen 52 Y [6] mukaan 75 A. Valittu asennustapa ja tarkasteltu tilanne huomioi maaperän lämpötilaksi 20 °C ja yhden kaapelin asentamisen putkeen maan alle. Tarkastelun perusteella voitiin todeta liittymiskaapelin poikkipinta-alan olevan riittävä, sillä sulakkeiden vaatima johdon kuormitettavuus ylittyy reilusti.

Jakeluverkkoyhtiö rakentaa sähköliittymän yleisillä katualueilla sovittuun liittämiskohtaan asti. Liittämiskohta on tontin ja yleisen alueen raja. Suunniteltavalle kiinteistölle jakeluverkkoyhtiön määrittämä liittämiskohta on esitetty kuvassa 1.



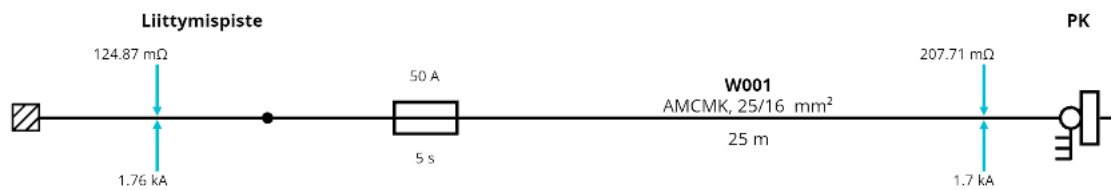
Kuva 1. Liittymispiste katualueen ja tontin rajalla [7].

Liittymiskohdassa verkkoyhtiö tekee kaapelijatkoksen. Tätä varten rakennuttajan valitseman urakoitsijan on kaivettava valmiiksi kaapelioja ja putkitettava se. Myös liittymiskaapelin hankinta kuuluu rakennuttajalle. Rakennuttaja vastaa myös kaapeliojan peittämisestä asennuksen jälkeen.

### 3.2 Sähkötekniset laskelmat

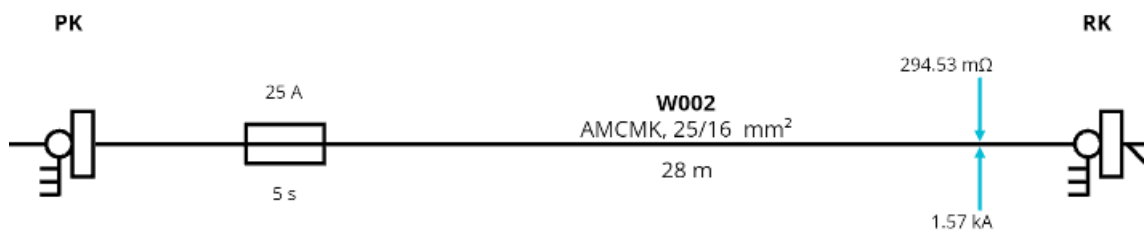
Oikosulkuvirtalaskelmilla varmistetaan suojalaitteiden toimivuus vikatilanteissa. Tämä tarkastelu suoritetaan asennuksien epäedullisimmassa pisteessä, ja tyyppillisesti tämä piste on pisimmän ryhmäjohton päässä. Vaikuttavina tekijöinä laskelmiin ovat syöttävän verkon oikosulkuvirta ja kaapelien impedanssit ennen kulutuspistettä. Suunnitellussa kohteessa pienin oikosulkuvirta liittymispisteessä on verkkoyhtiöltä saadun tiedon mukaan 1,757 kA [7]. Katujakokaappi sijaitsee lähellä suunniteltua liittymispistettä, ja syöttävää kaapelia suojaavat 3x50 A:n sulakkeet.

Laskelmat suoritettiin EL-VIS-ohjelmistoa käyttäen. Ohjelmaan syötettiin lähtötietoina syöttävän verkon oikosulkuimpedanssi ja -virta sekä suojalaitteet ja kaapelit ennen kiinteistön pisimmän kaapelin päässä olevaa kulutuspistettä. Käytettävät kaapelien pituudet laskelmiin saatiin Cadmatic-ohjelmasta, jolla asennuspiirustukset suunniteltiin. Kulutuspisteiksi valittiin pisimmät pistorasia- ja valaistusryhmät. Syöttävän verkon suojaus suojaaa liittymiskaapelia pääkeskukselle asti. Laskennallinen oikosulkuvirta pääkeskuksella oli 1,7 kA (kuva 2). Pääkeskuksessa suojalaitteena oleva 25 A:n gG-sulake vaatii toimiakseen virtaa 110 A [8, s. 89]. Pääkeskusta syöttävän nousujohton suojaus ja nopean poiskytkennän ehdot siis toteutuvat. Syöttökaapelissa ja nousujohtossa käytettiin 5 sekunnin toiminta-aikaa.



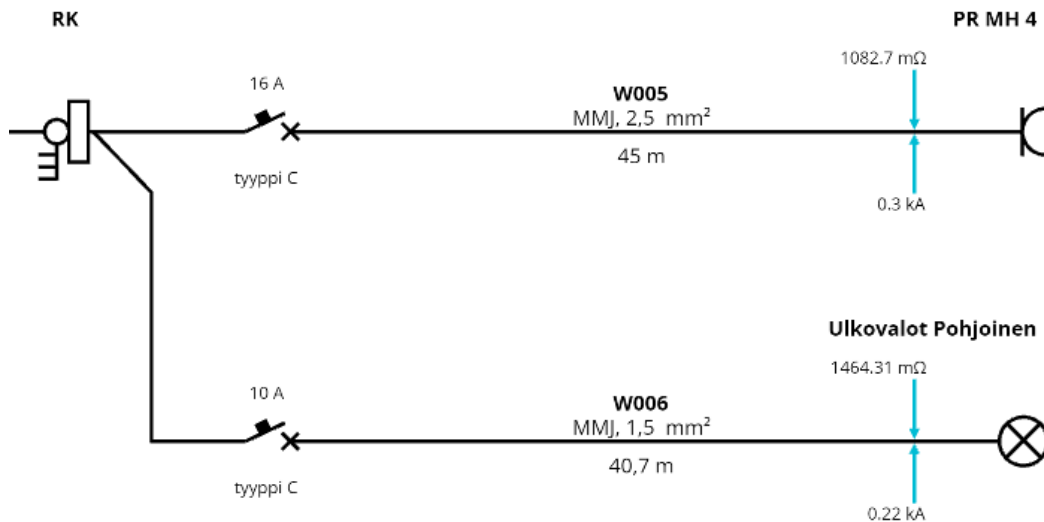
Kuva 2. Oikosulkuvirta pääkeskuksella.

Piharakennuksen seinässä sijaitsevan pääkeskuksen ja päärakennuksen teknisessä tilassa olevan ryhmäkeskuksen välissä on nousujohtona AMCMK 4x25/16. Oikosulkuvirta ryhmäkeskuksella oli laskelman mukaan 1,57 kA (kuva 3).



Kuva 3. Oikosulkuvirta ryhmäkeskuksella.

Ryhmäkeskuksessa syöttävä kaapeli jakautuu pääkytkimen jälkeen suoraan kulutuspisteiden suojalaitteille. Tarkasteluun valittiin pisimpien kaapeleiden päässä olevat ryhmät pistorasioista ja valaistuksesta (kuva 4).



Kuva 4. Oikosulkuvirrat kauimmaisissa kulutusasteissa.

Kauimmaisen pistorasiaryhmän oikosulkuvirta oli 300 A. Sen suojalaitteena toimivan C16 A:n johdonsuojakatkaisijan toimintavirran tulee olla minimissään 160 A [8, s. 88]. Kauimmaisen valaistusryhmän oikosulkuvirta vastaavasti oli 220 A. Sen suojalaitteena olevan C10 A:n johdonsuojakatkaisimen toimintavirran tulee olla minimissään 100 A [8, s. 88]. Molempien ryhmien osalta nopean poiskytken ehdot siis toteutuvat.

### 3.3 Suunnitelman dokumentit

Suunnitelman dokumenttien hallinnan kannalta laadittiin asiakirjaluetelo, johon on luettelointi suunnitelman asiakirjat. Asiakirjaluetelosta (kuva 5) selviävät myös suunnitelman dokumenttien ajantasaisuus. Asiakirjaluetelo kokonaisuudessaan on liitteenä 1.

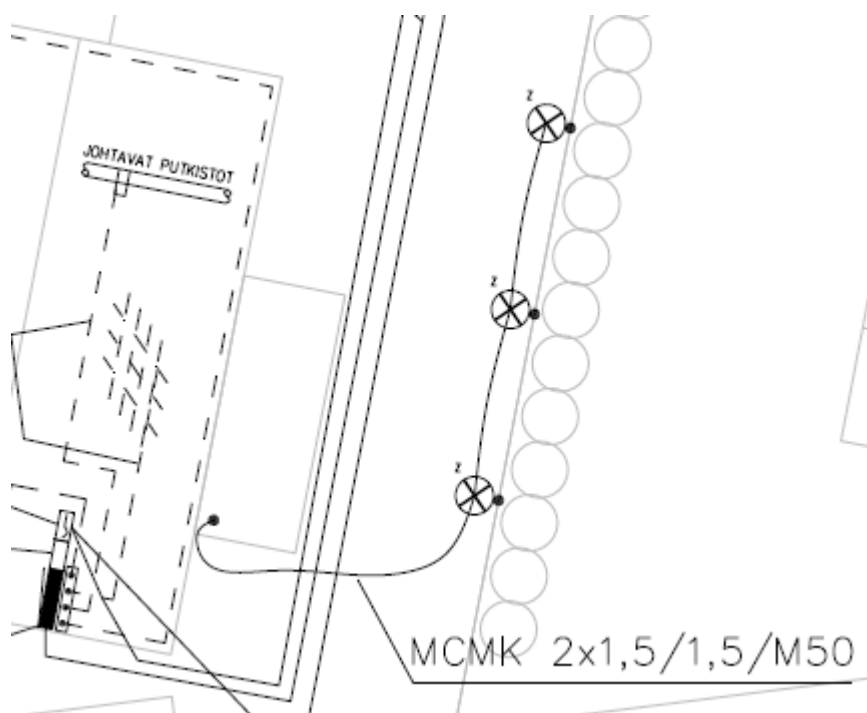
PIIRUSTUSNUMERO	Tehty ohjelman opiskelijaversiolla NIMITYS	LEHTI/ LEHTÄ	MUUTOS	
			REV.	PVM.
00	Asiakirjaluetelo	1		5.3.2025
01	Asemapiirustus Sähköpisteet ja -johdotus	1		5.3.2025
02	Asennuspiirustus Sähköpisteet ja -johdotus Päärakennus 1. kerros	1		5.3.2025
03	Asennuspiirustus Sähköpisteet ja -johdotus Päärakennus 2. kerros	1		5.3.2025
04	Asennuspiirustus Sähköpisteet ja -johdotus Piharakennus	1		5.3.2025
05	Pääkaavio Pääkeskus PK	3		5.3.2025
06	Pääkaavio Ryhmäkeskus	4		5.3.2025
07	Maadoituskaavio	1		5.3.2025
08	Palovaroitinkaavio	1		5.3.2025
09	Antenni- ja yleiskaapelointikaavio	1		5.3.2025

Kuva 5. Kuvakaappaus asiakirjaluetelosta.

### 3.4 Asemapiirros

Asemapiirros on arkkitehdin laatima yleispiirros tontista, josta selviävät rakennusten sijainnit suhteessa ympäröiviin kiinteistöihin ja katualueisiin. Sähkösuunnitelmassa asemapiirrokseen suunniteltiin tontille sijoittuvat asennukset, kuten liittymiskaapelit, rakennusten väliset kaapelit, kaapelien suojaputket ja keskuk-sien sijainnit. Pientalon maadoitusjärjestelmän yksinkertaisuuden takia myös maadoituselektrodit ja maadoituskiskot suunniteltiin asemapiirrokseen, mutta niistä laadittiin myös erillinen järjestelmäkaavio.

Sähköstandardin SFS 6000 kohdan 542.2 [9] mukaan Suomessa päämaadoituselektrodin poikkipinta-ala kuparijohtimella on oltava vähintään 16 mm<sup>2</sup>. Erilisten toiminnallisten maadoitusjohtimien poikkipinta-ala kuparijohtimella on oltava 6 mm<sup>2</sup>. Rakennuksiin suunniteltiin perustusmaadoituselektrodi, jonka standardi mainitsee suositeltavimmaksi maadoitustavaksi. Toiminnallinen maadoitus suunniteltiin rakennuksien betoniraudoitukseen, metallisille ilmanvaihtoputkistoille ja muille johtaville osille. Selvästi rakennuksista irti olevat ulkovalot suunniteltiin myös asemapiirrustukseen (kuva 6). Asemapiirustus kokonaisuudessaan on liitteenä 2.



Kuva 6. Valaisinpylväiden sijainti asemapiirustuksessa.

### 3.5 Asennuspiirustukset

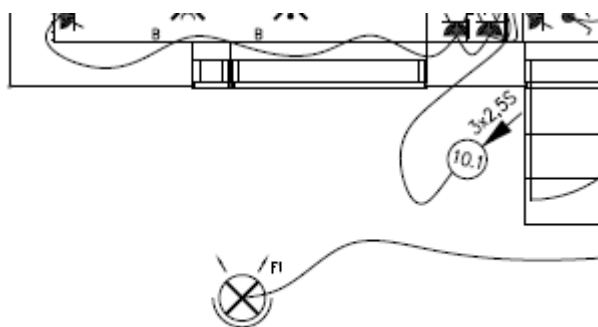
Kiinteistön rakennuksien jokaisesta kerroksesta suunniteltiin asennuspiirustukset, joista selviävät sähköpisteiden sijoittelut ja niihin liittyvät kaapeloinnit. Näiden piirustusten laatimisessa ja sähköpisteiden sijoittelussa apuna käytettiin ST-korttia 51.22 [10]. Kyseinen ohje antaa yleisiä ohjeita asennuskorkeuksista, keskinäisestä asennusjärjestyksestä sekä sijoituksesta rakenteeseen.

Keittiön sähköpisteiden suunnittelu on tässä vaiheessa alustava, koska tilaaja ei ole vielä tehnyt kalustesuunnitelmaa. Sähköpisteiden määrä keittiössä pysyy kalustesuunnitelmassa samana, mutta niiden lopullinen sijoittelu saattaa muuttua. Keittiön kylmälaitteiden syöttö suunniteltiin ilman vikavirtasuojaa ja omilla ryhmäjohtoilla, jotta mahdolliset vikatilanteet muualla eivät katkaise niiden syöttöä.

Sisävalaistus suunniteltiin kattokoukuilla ja upotettavilla spoteilla. Suunnittelussa noudatettiin arkkitehdin ehdotusta spottien sijoittelusta tilojen reunoille.

Kaikki spot-valot ovat himmennettäviä. Kytkinten sijainteihin suhteessa valaisinryhmiin kiinnitettiin erityistä huomiota, jotta tilaajan toiveet tulivat toteutettua. Isoimpiin tiloihin suunniteltiin vaihtokytkennät, jotta valaisimia voi käyttää tarvittaessa useammasta paikasta. Valaisinluetteloa ei tehty, koska tilaaja haluaa vielä miettiä erilaisia vaihtoehtoja valaisimille. Tilaajaa ohjeistettiin kuitenkin suullisesti hankkimaan spot-valoiksi sellaisia, joissa polttimo on mahdollista vaihtaa. Osa markkinoilla olevista spot-valoista on kiinteitä, ja niiden vikaantuessa koko valaisin pitää vaihtaa. Hankaluutena valaisinten vikaantumisessa on myös saatavuus, koska valaisinmallistot saattavat vaihtua eikä valaisimen vikaantuessa ole välttämättä enää saatavilla samanlaista valaisinta. Tällöin koko ryhmän valaisimet joutuisi vaihtamaan.

Ulkovalaistuksen suunnittelussa huomioitiin valojen kohdentaminen niihin kohtiin, joihin ympäröiviltä tonteilta tai katualueelta ei tule valoa tai joissa liikutaan eniten. Tonttiin etukäteen tutustumalla selvisi, että lähin katuvalo sijaitsee kiinteistöä vastapäätä ja valaisee hyvin pihan etuosan. Kiinteistön rakennuksien väriksi tulee tumma väri, ja ympäröivien rakennusten valaistuksen perusteella havaittiin, ettei tumma rakennus juurikaan erotu pimeään aikaan ympäristöstään. Tämän vuoksi rakennusta valaisemaan suunniteltiin pienitehoinen valonheitin maahan sijoitettuna (kuva 7). Lopullinen pihavalistus nurmialueille tarkentuu myöhemmin pihasuunnitelmassa, ja sen vuoksi tuleville pihavaloille suunniteltiin jo nyt valmiiksi kaapelointi, kytkimet ja terassien alle asennettavat pintajakorasiat. Samanlaisena varauksena suunniteltiin myös kaapelointi esteettömyysvaatimusten mukaiselle porrashissille porraskomeroon.



Kuva 7. Julkisivua valaiseva valonheitin.

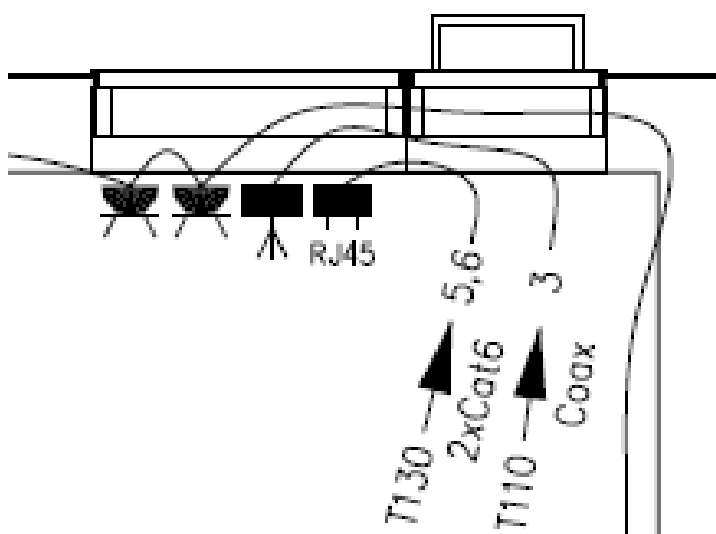
Kiinteistön lämmitys toteutetaan päärakennuksessa olevalla ilmavesilämpöpumpulla. Päärakennuksesta lämmitysvesi jaetaan myös piharakennukseen maakanaalia pitkin. Lämmitysjärjestelmän syöttökaapeleihin suunniteltiin turvakytkimet huoltotoimenpiteiden helpottamiseksi. Lattialämmityksen kiertovesipumppu suunniteltiin omalla syötöllä, jotta lämmitysvesi jatkaa kiertämistä, vaikka lämmityslaite menisikin vikatilaan. Kiinteistön jäähdytykseen käytetään ilmalämpöpumppuja. Myös näille laitteille suunniteltiin turvakytkimet huoltotoimenpiteiden helpottamiseksi. Laitteistojen tarkat tyypit eivät olleet vielä suunnitelmaa tehdessä selvillä, joten juuri oikeanlaisen kaapeloinnin suunnittelu ulko- ja sisäyökköiden välille ei ollut mahdollista. Suunnitelmiin lisättiin kuitenkin maininta myös lvi-laitteiden sähköistyksen kuulumisesta sähköurakkaan.

Sähköjärjestelmän helppokäyttöisyyttä lisäämään suunniteltiin päärakennuksen eteiseen kotona/poissa-kytkin. Tämä kaksiosainen kytkin ohjaa toisella kytkimellä yläkerran tiettyjä pistorasiaryhmiä ja valaistusta. Toinen kytkin ohjaa alakerran tiettyjä pistorasia- ja valaisinryhmiä. Kytkimet ohjaavat kontaktoreita ryhmäkeskuksessa, jotka taas syöttävät virran valaisin- ja pistorasiaryhmille.

Uudisrakennuksen suunnittelussa on huomioitava Traficomien määräys 65 E/2022 kiinteistöjen sisäverkoista. Tämä määrittelee, että vakinaiseen asuinkäyttöön tarkoitettun uudisrakennuksen jokaiseen huoneeseen tulee sijoittaa vähintään yksi antennirasia ja kaksi tietoliikennesasiaa. Tietoliikennekaapelointi tulee rakentaa siten, että kaapelointi on vähintään kategoriaa 6 päätettynä

kaksiosaiseen tai kahteen yksiosaiseen tietoliikennesasiaan. Tietoliikennekaapelointi rakennetaan tähtiverkoksi. Antennikaapelointi rakennetaan koaksiaali-kaapeleilla ja myös tämä verkko rakennetaan tähtiverkoksi, [11.]

Päärakennuksen ryhmäkeskuksen yhteyteen suunniteltiin ITK-keskus (*Informaatioteknologian keskus*), johon tulee valokaapeli televerkonhaltijalta. Keskukselta eteenpäin suunniteltiin tähtiverkko sekä antenni- että yleiskaapeloinnille jokaiseen asuinhuoneeseen. Sujuvan käytön kannalta asuinhuoneisiin sijoitettujen antenni- ja yleiskaapelointirasioiden viereen lisättiin kaksi kaksiosaista pistorasiasiaa. Rasiakokonaisuuksien (kuva 8) sijoittelussa huomioitiin todennäköisin työpöydän sijainti kussakin asuinhuoneessa. Kaapelointi suunniteltiin vietäväksi myös piharakennukseen putkitettuna maan alla, koska myös sinne tilaaja sijoittaa työpisteen.



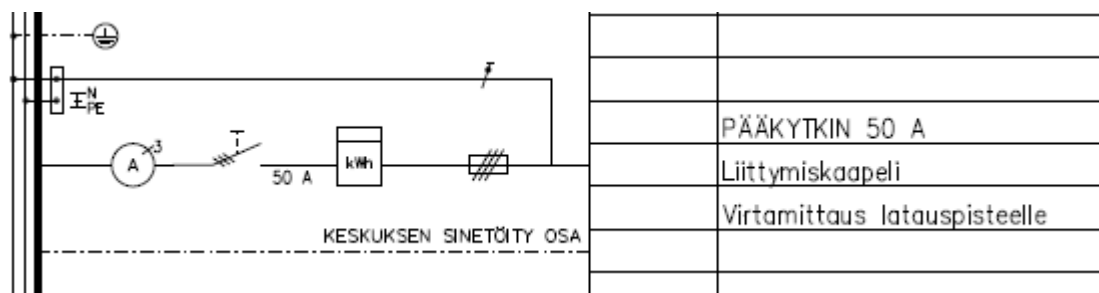
Kuva 8. Rasiakokonaisuus työpisteille.

Kiinteistön asennuspiirustukset ovat liitteenä 3.

### 3.6 Pääkaaviot

Pääkaavioissa kuvataan keskuksien sähkönjakelun rakenne ja komponenttien jaottelu. Pääkaavioiden avulla sähköjärjestelmän toteuttava urakoitsija voi valita

sopivan keskuksen vakiokeskuksista, mihin mahtuvat suunnitellut komponentit. Edellä valitut liittymiskaapeli ja pääsulakkeet ovat piharakennuksen takaseinään kiinnitettävän pääkeskuksen keskeisimpiä komponentteja. Pääsulakkeet suojaavat koko kiinteistön sähköjärjestelmää ylikuormitukselta. Pääsulakkeita seuraa sähkön kulkusuunnassa seuraavaksi pääkytkin ja energianmittaus. Jakeluverkonhaltija toimittaa energiamittarin, ja sille on varattava sopivan kokoinen tila pääkeskuksessa. Pääsulakkeet ja energianmittaus sijoitetaan keskuksen sinetöidyn suojalevyn taakse siten, ettei niiden asennusta voi muuttaa sinettejä rikkomatta (kuva 9).



Kuva 9. Pääkeskuksen sinetöity osa.

Pääkeskukseen suunniteltiin piharakennuksen sähkölaitteiden ryhmien suoja-laitteet niiden vähäisen määrän vuoksi. Vikaantumistapauksien kannalta kriittisimmät ja yksittäiset laitteet suojattiin johdonsuojakatkaisijoilla ja muut ryhmät sekä johdonsuojakatkaisijoilla että vikavirtasuojalla. Ryhmien jaottelussa eri vaiheille pyrittiin siihen, että kuorma jakaantuisi mahdollisimman tasaisesti. Keskuksen suunniteltiin mahdollisia muutoksia ja lisäjärjestelmiä varten vapaita johdonsuojakatkaisijoita. Pääkeskuksen pääkaavio löytyy liitteestä 4.

Päärakennuksen teknisessä tilassa oleva ryhmäkeskus jakaa virran rakennuksen sähkönkuluttajille. Myös tässä keskuksessa on pääkytkin, jolla koko rakennuksen sähköjärjestelmän voi kytkeä irti. Vakiokeskuksissa vikavirtasuojaamattomat johdonsuojakatkaisijat ovat yleensä yhdessä rivissä. Tämän vuoksi nämä suunniteltiin ilman ryhmittelyä pääkaavioon. Näin sähköurakoitsija voi sijoittaa ne sopivaksi katsomaansa paikkaan keskuksen sisällä. Vikavirtasuojatut johdonsuojakatkaisijat taas ovat tyypillisesti kuuden katkaisijan ryhmässä yhden

vikavirtasuojan jälkeen. Kotona/poissa-kytkimien ohjauspiiri saa virtansa ohjaussulakkeelta. Kytkimien kääntäminen yläasentoon syöttää virran kontaktorille, jonka kärjet muuttavat tilaansa, ja virta kulkee eteenpäin vikavirtasuojan lävitse johdonsuojakatkaisijoille (kuva 10).



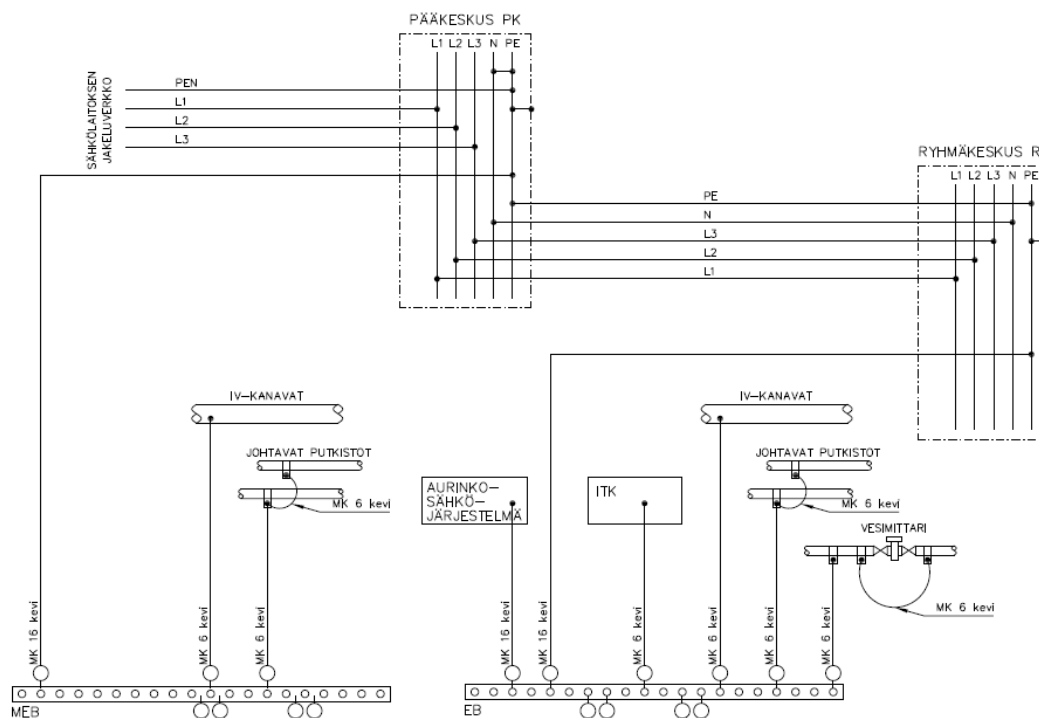
Kuva 10. Kontaktorihjattu vikavirtasuojaryhmä ryhmäkeskuksessa.

Ryhmäkeskuksen pääkaavio on liitteenä 5.

### 3.7 Järjestelmäkaaviot

Järjestelmäkaavioilla selkeytetään ja havainnollistetaan tarkemmin osajärjestelmien rakennetta. Suunnittelussa laadittiin kiinteistölle maadoitus-, antenni-, yleiskaapelointi- ja palovaroitinjärjestelmille järjestelmäkaaviot suunniteltujen asennuspiirustusten pohjalta. Antenni- ja yleiskaapelointikaaviot yhdistettiin samaan suunnitelmaan (kuva 11), koska kummatkin järjestelmät ovat pientalossa melko pieniä ja järjestelmillä on yhteinen ITK-keskus. Antenni- ja yleiskaapelointijärjestelmäkaavio kokonaisuudessaan on liitteenä 7.

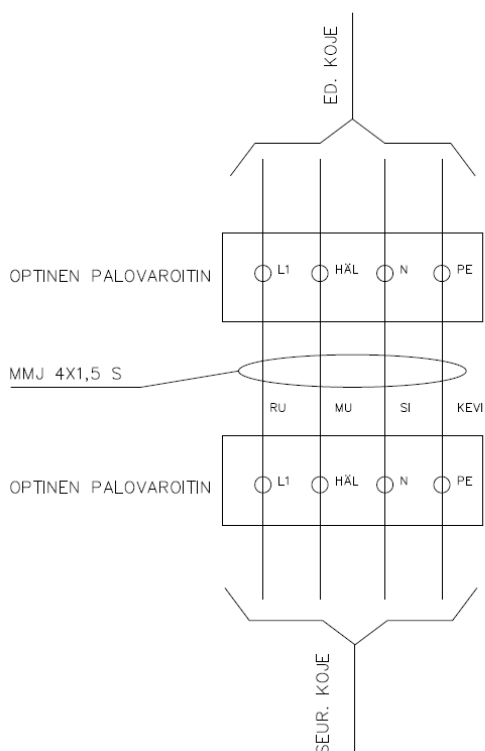




Kuva 12. Tähtiverkkoon suunniteltu maadoitus ja potentiaalintasaus.

Sisäministeriön määräyksen [12, § 3] mukaan asuntojen jokaisen kerroksen alkaa 60 m<sup>2</sup>:ä kohden on oltava vähintään yksi palovaroitin. Palovaroittimet on asennettava siten, että ne reagoivat tulipalosta aiheutuneeseen savuun mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Päärakennuksen alakertaan suunniteltiin kaksi palovaroitinta ja yläkertaan jokaiseen makuuhuoneeseen sekä käytävälle yksi. Lisäksi piharakennuksen saunatupaan suunniteltiin yksi palovaroitin, koska siellä on myös mahdollisuus majoittua. Koska palovaroittimien sijainti katossa on myös esteettinen asia, suunniteltiin niiden sijainti samaan linjaan läheisten valaisinrasioiden kanssa. Palovaroittimet jaettiin kahteen ryhmään ja niiden välinen kaapelointi suunniteltiin siten, että kaikki saman kerroksen palovaroittimet aktivoituvat yhden varoittimen havaitessa savua. Päärakennuksen palovaroittimista laadittiin erillinen järjestelmäkaavio tarkentamaan yhteishälytyksen toimintaperiaatetta (kuva 13). Palovaroittimien järjestelmäkaavio löytyy liitteestä 8.

## YHTEISHÄLYTYKSEN KYTKENTÄ:



Kuva 13. Palovaroittimien yhteishälytyksen kytkennän periaate.

#### 4 Sähköauton latauspiste

Uudisrakennuksen rakennuttajan on huolehdittava, että rakennuksen yhteyteen suunnitellaan ja asennetaan sähköajoneuvon latauspiste tai latauspistevalmius [13, § 5]. Latauspistevalmiudella tarkoitetaan johtoreittiä tai valmista johtoa latauspisteelle, mitkä voidaan ottaa helposti käyttöön asentamalla latauspiste ja sen ryhmäjohto. Putkituksen suositellaan olevan vähintään 100 mm huomioiden riittävä lujuusluokka. Vaikka edellä mainittu lainsäädäntö ei koskekaan pientaloja, joissa on alle viisi pysäköintipaikkaa, suositellaan pientaloihin suunniteltavaksi latauspisteen sijoitus ja rakentamaan se valmiustasoon [14, s. 6]. Suunnittelussa lähtökohtana tulee olla peruslatauspiste.

Yksinkertaisin latauspiste on tavallinen, vikavirtasuojalla varustettu yksivaiheinen pistorasia. Tämä lataustapa on kuitenkin tarkoitettu vain tilapäiskäyttöön, eikä lataustapaa suositella uusissa asennuksissa muuten kuin siihen erikseen

suunnitelluilla vahvemmillä pistorasiatyypeillä. Tavalliset kotitalouspistorasiat eivät sovellu jatkuvaan käyttöön vaan saattavat virran aiheuttaman lämpenemisen vuoksi rikkoutua. Jokainen latauspiste on suunniteltava omaksi virtapiiriikseen eli oman ylivirtasuojan ja vikavirtasuojan taakse. Suojalaitteet voivat sijaita kiinteässä asennuksessa tai latausasemassa itsessään. Samaan piiriin voi kytkeä myös ajoneuvon lämmityksen. Vikavirtasuojaksi tulee valita B-tyyppin vikavirtasuoja tai A-tyyppin vikavirtasuoja yhdistettynä tasasähkövikavirran poiskytkvän laitteen kanssa. [15, s.7.] Markkinoilla on myös voimapistorasioihin liitettäviä latauspisteitä, jotka ovat helppoja toteuttaa eivätkä vaadi sähköalan ammattihenkilöä niiden asennukseen. Tässä suunnittelussa keskityttiin kuitenkin kiinteisiin latauslaitteisiin, jotta suunnitelma olisi sovellettavissa myös tulevaisuudessa.

Latauslaitemarkkinoilla tarjolla oleva tekniikka uudistuu ripeästi. Tänä päivänä hankittu hyvin varusteltu laturi voi muutaman vuoden päästä olla vanhanaikainen. Esimerkkinä tästä voidaan ajatella, että viisi vuotta sitten latauspisteen hankkinut tuskin olisi osannut kaivata pörssisähköoptimointia tai dynaamista kuormanhallintaa, jotka katsotaan nykyään välttämättömiksi ominaisuuksiksi. Nykyisissä latauspisteissä on myös mahdollisuus kytkeä auto langattomaan verkkoon, ja tämä mahdollistaa esimerkiksi latauksen säätämisen kesken latauksen.

Suomessa myytävät latauspisteet ovat periaatteessa geneerisiä siinä mielessä, että kaikilla type2-latauslaitteilla saa ladattua vastaavilla liittimillä varustetut autot. Osa autovalmistajista on kuitenkin tuonut markkinoille omia latauspisteitään merkkikohtaisilla lisäominaisuuksilla. Tästä esimerkkinä ovat Teslan laturit, joissa latauksen lukituksen saa auki pistokkeen päässä olevasta napista ja latausluukun saa avattua viemällä pistokkeen auton lähelle. Tilaaajalla ei ole vielä käytössään sähköautoa, joten tämänkaltaisia merkkikohtaisia ominaisuuksia ei tässä suunnittelussa huomioida.

Ulos sijoitetun latauspisteen kotelointiluokan on oltava vähintään IP44. Latauspisteen asennuskorkeus on 0,5–1,5 m. Asennuskorkeudella tarkoitetaan

pistorasian alinta osaa. Latauspiste on sijoitettava mahdollisimman lähelle pysäköintipaikkaa ja sen asennuskorkeudessa tulee huomioida liikuntaesteisten henkilöiden käytettävyyssasiat. [15, s. 7.] Latauspiste on rakennettava siten, että latauskaapelin yli ei ajeta eikä sitä muuten puristeta. Jos latauskaapeli voi joutua kosketuksiin maan pinnan kanssa, maan pinnan pitäisi olla sellainen, että kaapelin ulkovaippa ei vahingoitu. Talvella kaapelin kiinnijäätyminen maahan voi olla riskinä ja tällöin kaapelien kannatustelineet tai muut ratkaisut ovat tarpeen, jos latauspiste on kattamattomassa tilassa. [16, s. 87.] Edellä mainitut asiat huomioiden suunniteltiin latauspiste piharakennuksen päässä olevaan katonkseen ja kiinnitetään seinälle.

#### 4.1 Kuormanhallinta

Latauspiste mitoitetaan yhdelle sähköautolle tilaajan toiveen mukaisesti. Kiinteistön suunniteltu pääsulake on 3x25 A. Yleisimpien kotitalousasemien tehot sähköautoille ovat 11 kW ja 22 kW [17]. Aiemmin laskettu kiinteistön peruskuorma asettaa rajoituksia latausteholle aiheuttaen sen, että kiinteistön sähkönkulutuksen ollessa suurimmillaan voi pääsulakkeen suurin virta ylittyä. Tämän vuoksi päädyttiin toteuttamaan latauspiste dynaamisella kuormanhallinnalla, joka osaa rajoittaa auton latausta, jos kiinteistön muu tehontarve on suuri. Vastaavasti kiinteistön muun kulutuksen ollessa matala saadaan auton lataukseen enemmän tehoa. Kaikki 22 kW:n latausasemat ovat rajoitettavissa myös 11 kW:n teholle. Täyssähköauton kolmivaihelataukseen riittää 11 kW, mutta samalla laitteella onnistuu myös matalampitehoinen yksivaihelataus esimerkiksi hybridautolle.

Dynaamisella kuormanhallinnalla varustetun latauslaitteen asennuksen yhteydessä keskukseen asennetaan erillinen virtamittaus, joka seuraa kiinteistön sähkönkulutusta ja rajoittaa latausta tarpeen mukaan. Pääkeskuksen pääkaaviin suunniteltiin virtamittaus ja siitä kaapelointi latausasemalle. Kuormanhallinnalle ei ole olemassa erillistä standardia, joten sen toteutukselle on annettu melko vapaat vaihtoehdot. On kuitenkin varmistuttava suojalaitteiden toimintavarmuudesta eli suojalaitteiden tulee toimia kuormanhallinnasta riippumatta.

Suojaus ei saa vaarantua myöskään mahdollisten tietoliikennekatkosten tai -häiriöiden vuoksi [15, s. 7]. Kuormanhallinnassa on oleellisesta se, että kiinteistön muut sähkönkuluttajat on jaettu tasaisesti kaikille vaiheille, koska kolmivaihelaturi rajoittaa latausta kuormitetuimman vaiheen mukaan.

## 4.2 Laitteen valinta

Latausaseman valinta riippuu ensisijaisesti käyttäjän tarpeista. Mikäli tilaaja päättää lykätä sähköauton hankintaa, ei latausasemaa kannata vielä rakennustöiden yhteydessä hankkia. Kuitenkin aseman kaapelointi ja keskuksen varustaminen latausta varten suunnitellaan tehtäväksi jo rakennusaikana. Hankintahetkellä tulee arvioida suunniteltu lataustarve vuorokaudessa. Mikäli sähköautolla ajetaan tavallisesti lyhyttä matkaa esimerkiksi työpaikalle ja sitä voidaan ladata läpi yön ennen seuraavaa päivää, riittää tähän tarkoitukseen myös pienempitehoinen laturi. Vastaavasti mikäli sähköautolla ajetaan päivittäin enemmän, kannattaa hankkia suurempitehoinen 22 kW:n latauspiste ja samalla suurentaa kiinteistön pääsulake 3x35 A:iin. Keskuksien ja kaapeleiden mitoituksessa tähän on jo varauduttu.

Hankittavassa laitteistossa tulee olla dynaaminen kuormanhallinta ja pörssisähkön hinnan huomioiva toiminnallisuus. Lisäksi tulee varmistaa, että laitteessa oleva syöttöjohto riittää auton latausliittimeen asti. Useissa nyt markkinoilla olevissa laitteissa on ominaisuus, joka osaa huomioida kuluvan vuorokauden sähkön hinnan ja ladata autoa niinä tunteina, jolloin sähkön hinta on matalimmillaan. Noin tuhannen euron hintaan on saatavilla latauslaitteita, joissa on halutut ominaisuudet. Sopiva latausasema voisi esimerkiksi olla DEFA Power 22kW, jossa on mukana pörssisähkön optimointi ja lisävarusteena dynaaminen kuormanhallinta [18]. Latauslaitteen antama teho on skaalattavissa 7,4–22 kW. Latausaseman liitosjohdon 6 m:n pituus riittää latausasemasta auton latausliittimeen. Kyseinen latausasema on esitetty kuvassa 14.



Kuva 14. DEFA Power 22 kW:n latausasema dynaamisella kuormanhallinnalla.

## 5 Aurinkosähköjärjestelmä

Kiinteistön energiatehokkuutta halutaan todennäköisesti myöhemmässä vaiheessa tehostaa hyödyntämällä aurinkoenergiaa. Lämmitysjärjestelmäksi valittu ilmavesilämpöpumppu on kohtuullisen energiatehokas sellaisenaan, mutta lisäenergiaa voi käyttää pienentämään sähkölaskua, mikäli sen tuotto ylittää oman tarpeen.

Aurinkopaneelit asennetaan yleensä talon katolle, jolloin niiden ilmansuunta ja kallistuskulma määräytyvät katon mukaan. Kiinteistön molempien rakennuksien katto on harjakatto. Päärakennuksen symmetriset lappeet ovat kumpikin 56,5 m<sup>2</sup> ja piharakennuksen 29,6 m<sup>2</sup>. Koko pinta-alaa paneelien asennukseen ei voi hyödyntää, vaan katon lapetikkaat, lumiesteet, LVI-laitteiden läpiviennit ja paneelien asennuskehykset vaativat omat tilansa. Eri valmistajien paneelit ovat

erikokoisia niin leveys- kuin korkeussuunnassakin, eikä tässä tarkastelussa ole tarkoitus valita paneelivalmistajaa, vaan tarkastella asiaa yleisemmin. Yhden paneeliyksikön leveys on tyypillisesti noin metrin ja korkeus 1,5–2,3 metriä. Tarkastelun kohteeksi valittiin pääarakennuksen länteen ja itään suuntautuvat lappeet. Länteen suuntautuvalla lappeella ei ole läpivientejä, mutta siellä on lappetikkaat ja lumiesteet. Itäpuolen lappeella käytettävissä olevaa pinta-alaa rajoittavat LVI-läpiviennit, harjan suuntaisesti kulkeva kulkusilta sekä alareunan lumieste. Kummankin lappeen pinta-alasta voitaisiin kattaa arviolta 40 m<sup>2</sup> paneeleilla.

### 5.1 Aurinkosähköjärjestelmän soveltuvuus suunniteltavaan kohteeseen

Aurinkokennot perustuvat pääsääntöisesti hieman seostetun piin kiteisiin, ja nykyisin markkinoilla olevat kennot ovat joko yksi- tai monikiteisiä. Yksikiteiset paneelit ovat hyötysuhteeltaan hieman parempia ja hinnaltaan kalliimpia kuin monikiteiset. Aurinkokennojen hyötysuhteet ovat nykyisin luokkaa 15–20 %. Hyötysuhteet ovat parantuneet aurinkovoimaloiden yleistyessä ja oletettavasti paranevat jatkossakin, [19, s. 12.] Yleisimmin nykyisin myytävät paneelit tuottavat piikkitehoa 150–200 W<sub>p</sub>/m<sup>2</sup>, parhaat hiukan ylikin. Piikkiteholla tarkoitetaan käytännössä sähkötehoa, jonka paneeli tuottaisi optimaalisessa tilanteessa auringonvalossa. Piikkitehon standardoidussa mittauksessa +25 °C:n lämpöistä kennoa valaistaan kohtisuoraan paneelin pintaan suunnatulla auringonvalolla, jonka säteilyteho on 1000 W/m<sup>2</sup> (*STC, Standard Test Conditions*), [20.]

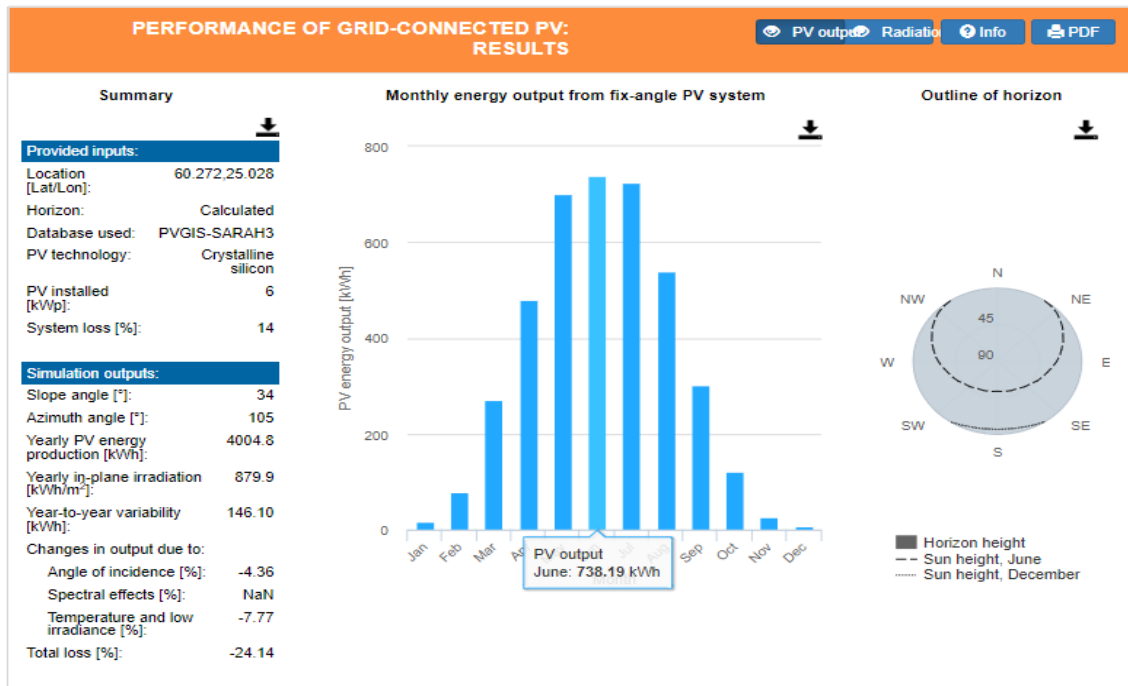
Aurinkopaneelien teho laskee niiden lämpötilan noustessa kuumassa auringonpaisteessa, ja paneelien hyötysuhde heikkenee myös ikääntymisen myötä useista syistä. Lisäksi paneelit likaantuvat katolla. Näin ollen ne harvoin toimivat aivan laskennallisella maksimihyötysuhteellaan. Paneelien laskennallinen maksimiteho ilmoitettujen pinta-alatehojen haarukan alarajalta olisi arviolta 150 W<sub>p</sub>/m<sup>2</sup>. Yhdelle 40 m<sup>2</sup>:n lappeelle saadaan näillä oletuksilla asennettua paneelit, joiden piikkiteho on  $40 \text{ m}^2 \times 150 \text{ W}_p/\text{m}^2 = 6000 \text{ W}_p$ .

Katonlappen kallistuskulma on kummassakin lappeessa  $33,7^\circ$  ja ilmansuunnat ovat itään ja länteen, tarkemmin tosisuuntina  $105^\circ$  ja  $285^\circ$ . Edullisin ilmansuunta olisi kohti etelää, eli kumpikaan lape ei ole optimaaliseen suuntaan. Itälape tuottaisi parhaiten aamupäivällä ja länsilape iltapäivällä.

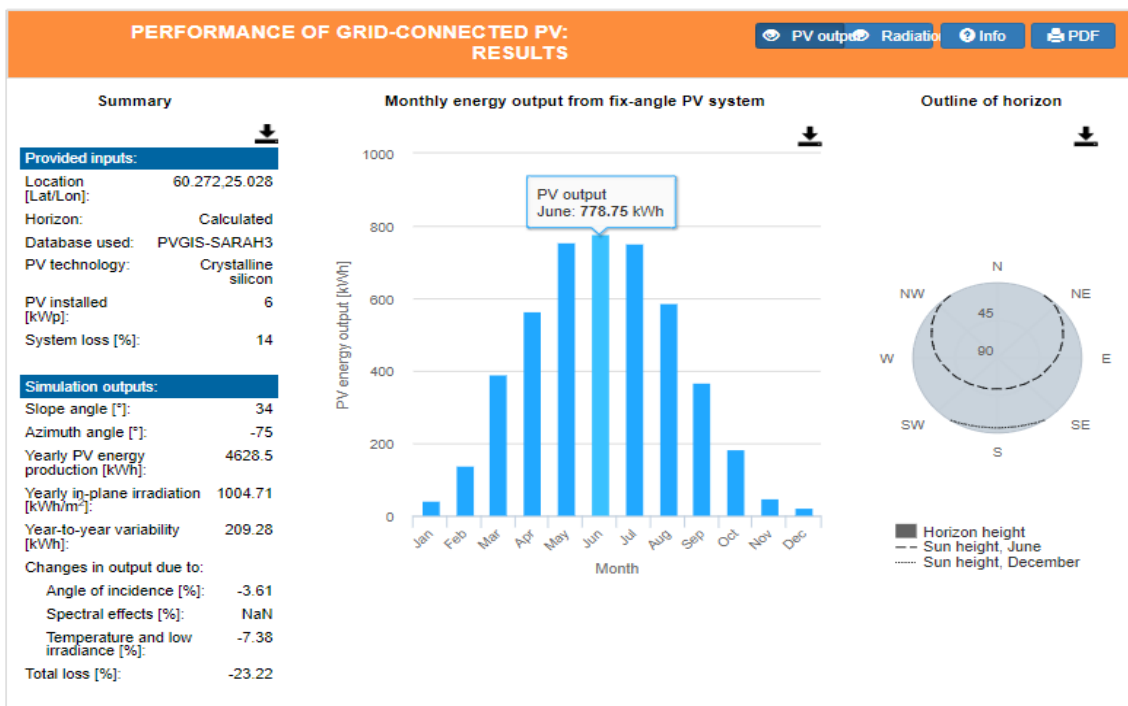
Kiinteistön aurinkosähkövoimalan tuottopotentiaalia tarkasteltiin käyttäen Euroopan komission yhteisen tutkimuskeskuksen (*EU Science Hub*) tarjoamaa aurinkoenergiapotentiaalin PVGIS-laskentasovellusta (*Photovoltaic Geographical Information System*) [21].

Sovellus toimii EU:n ylläpitämällä verkkosivustolla. Laskentaohjelmaan syötetään kohteen sijainti, asennettavien paneelien piikkiteho, ilmansuunta ja paneelien kallistuskulma, ja ohjelma antaa arvion kohteen aurinkosähköntuotannosta. Kohteen sijainti voidaan määrittää sovellukseen kuuluvasta karttaohjelmasta, lisäksi tulee valita laskennassa käytettävä tietokanta, joka määräytyy myös tarkasteltavan sijainnin mukaan. Pääkaupunkiseudulla käytetään tietokantaa PVGIS-SARAH3. Ohjelma käyttää oletusarvoisesti järjestelmän sähköisille häviöille standardiarvoa 14 %, ja tätä häviötä voi pienentää johdotuksen optimoinnilla ja valitsemalla parhaan mahdollisen invertterin. Näiden arvojen muuttamiselle ei nähty perusteita.

Sijoittamalla edellä esitetyt lähtöarvot PVGIS-laskimeen saatiin arvio aurinkopaneelien maksimituotosta vuoden ympäri, ja tulokset on esitetty kuvassa 15 (länsilape) ja kuvassa 16 (itälape).



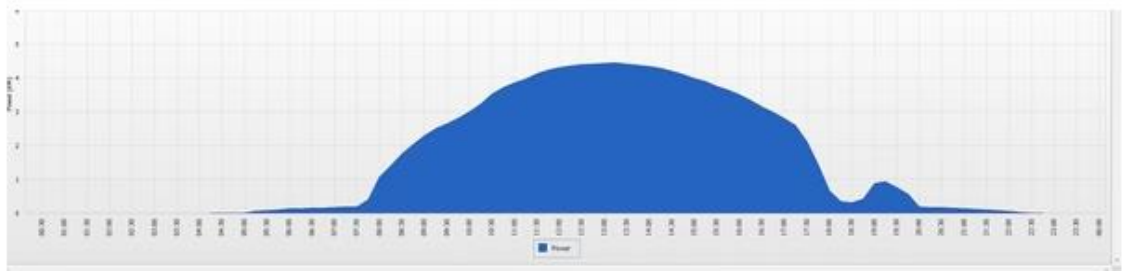
Kuva 15. Katon länsilappeen tuottopotentiali.



Kuva 16. Katon itälappeen tuottopotentiali.

Laskentatuloksista havaittiin, että sähköntuotanto keskittyy voimakkaasti kesäkuukausiin, ja tuotanto on hyvin vähäistä lokakuusta helmikuuhun. Havaittiin myös molempien lappeiden tuottavan melkein saman verran joka kuukautena, itälappeen kuukausikeskiarvojen ollessa noin 50 kWh parempia. Kokonaistuotopotentiaali vuoden aikana on itälappeella 4 628 kWh ja länsilappeella 4 004 kWh. Suunniteltuun kohteeseen arkkitehti oli luonnostellut aurinkopaneelit länsilapelle, mutta edellisen tarkastelun perusteella itälape olisi parempi valinta kokonaistuoton kannalta. Kuitenkin tarkastelussa on syytä ottaa huomioon sähkön käyttöaika, koska aurinkopaneelien tuottamaa energiaa ei tässä kohteessa suunnitella varastoitavan. Kiinteistön sähkönkäytön kannalta aktiivisimmat tunnit painottuvat todennäköisesti iltapäivään tai iltaan, jolloin taas länsilape tuottaisi energiaa siihen tarpeeseen. Vastaavasti taas aamupäivisin aurinkopaneelien tuottamaa energiaa voisi käyttää esimerkiksi sähköauton lataamiseen.

Tarkastelutilanteessa naapurikiinteistöjen rakennukset tai ympäröivä puusto eivät varjosta suunniteltuja aurinkopaneeleja. Kiinteistön pohjoispuolinen alue on vielä rakentamatonta, mutta vaikka sinne rakennettaisiinkin korkeampia rakennuksia, ei niiden varjostuksella ole merkitystä tarkasteluun. Kasvat pihapuut saattavat tulevaisuudessa kuitenkin luoda varjonsa paneeleille. Kuvassa 17 on eteläsuomalaisen omakotitalon katolle asennettujen aurinkopaneelien yhden vuorokauden tehokäyrä toukokuun lopussa. Käyrässä on syvä kuoppa iltapäivällä, ja kuoppa johtuu naapuritontilla olevan yksittäisen puun varjosta.



Kuva 17. Puun varjo vuorokauden tehokäyrässä [22].

## 5.2 Aurinkosähköjärjestelmän taloudellinen kannattavuus

Kuten edellä luvussa 5.1 olevista kuvista 15 ja 16 ilmeni, sähköntuotanto aurinkokennoilla onnistuu pääkaupunkiseudun leveyspiirillä lähinnä maaliskuusta syyskuuhun. Talven aikana auringonvaloa saadaan niin vähän, että tuotto on vähäistä, ja käytännössä paneelien lumipeite vie lopunkin tuoton. Suomen etuja aurinkosähkön tuotannossa ovat aurinkokennojen hyötysuhteelle otollinen viileä ilmasto ja kesävuorokausien huomattavan pitkä valoisa aika. Valoisia tunteja on huomattavasti enemmän kuin etelämpänä Euroopassa, saati päiväntasaajan lähellä. Heikkoutena taas on se, että aurinko paistaa Suomeen matalammalla kulmalla kuin etelämpänä. Tämän vuoksi paneelien kallistuskulmaa olisi jyrkennettävä optimaalisemman tuoton saamiseksi.

Aurinkopaneelien hinnat ovat laskeneet aurinkovoimaloiden yleistymisen myötä. Referenssinä paneelihankintojen toteutuneille hinnoille käytetään tässä Aaltoyliopiston työelämäprofessori Juha Lipposen keräämää dataa, jonka hän on kerännyt harrastusprojektinaan internetkyselylomakkeilla [23]. Hän on julkaissut kyselyn tulokset aurinkovoimaloihin keskittyvässä Facebook-ryhmässä Aurinkoenergiaa (kuva 18). Lipponen on saanut kyselynsä yhteensä 578 vastausta, joten otoskoko on kohtalaisen hyvä. Hinnat sisältävät sekä laitteiston että asennuksen, ja Lipposen oman tulkinnan mukaan hinnat näyttävät asettuneen tasolle  $1,2 \text{ €/W}_p$ , joskin hajonta on varsin suurta.

Tietojen keräysalueena on koko Suomi. Aineistosta ei käy ilmi asennettujen voimaloiden kokonaisteho, ja Lipponen arvioi suurempien voimaloiden olevan teho-hintasuhteeltaan edullisempia. Sitä ei ole myöskään eritelty, mikä on asennustyön ja mikä laitteiston osuus hinnasta. Kyselytutkimuksen tuoreimmat tiedot ovat jo hieman vanhentuneita, ja keskusteluryhmän muut jäsenet ovat päivittäneet kommentteina hintojen laskeneen noin  $1 \text{ €/W}_p$  tasolle viime vuoden aikana. [23.]



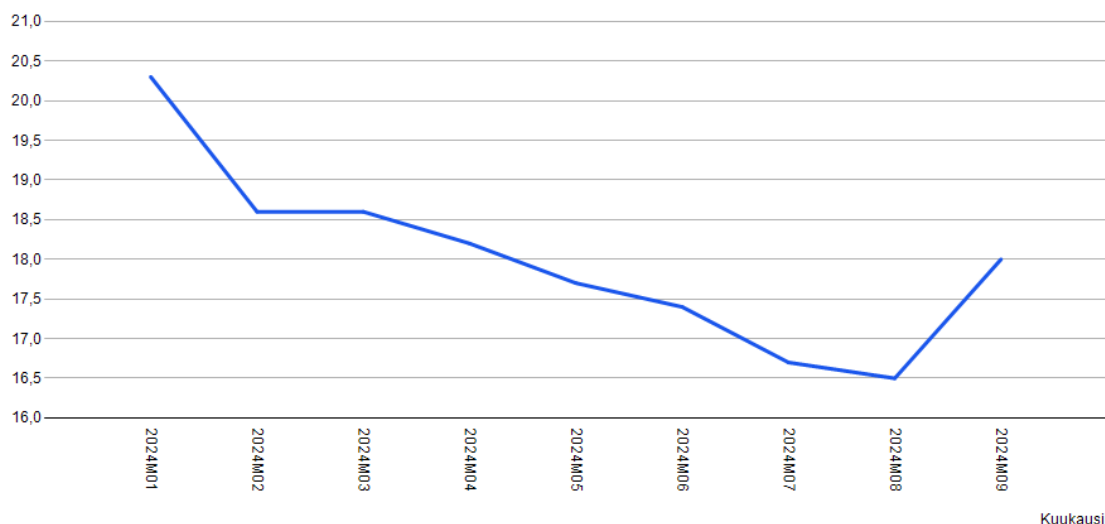
Kuva 18. Aurinkopaneelien hinnat Suomessa asennettuina [23].

Suhdannevaihtelut ja paneelien kysyntä vaikuttavat hinnoitteluun. Aurinkovoiman kannattavuuden laskentaan tarvittavissa tiedoissa on tällä hetkellä niin monta epäjatkuvuus- ja epävarmuustekijää, että lähes minkä tahansa kannattavuusennusteen toteutumista voidaan pitää kyseenalaisena. Energianhinnan muutokset ja paneelien hankintahinnat ovat näistä merkittävimpiä.

Tilastokeskus tarjoaa avoimena datana historiatietoja energian hinnoista. Kuvassa 19 on otettu Tilastokeskuksen tietokannasta 5 000–15 000 kWh vuodessa kuluttavien kotitalouksien maksama sähkön hinta kokonaisuudessaan sisältäen siirtohinnot ja verot. Karkeasti laskettu keskiarvo vuoden 2024 osalta oli noin 18 c/kWh. Tämä hinta osoittaa vain suuruusluokkaa, se ei siis ole energian kulutuksella painotettu keskiarvo, vaan ainoastaan kuukausihintojen aritmeettinen keskiarvo, koska dataa painotetun keskiarvon laskemiselle ei ollut maksutta

saatavilla. Kuvaajasta on havaittavissa, että sähkön hinta on korkeampi lämmityskaudella talvisin, kun aurinkopaneeleista saatava tuotto on heikoimmillaan.

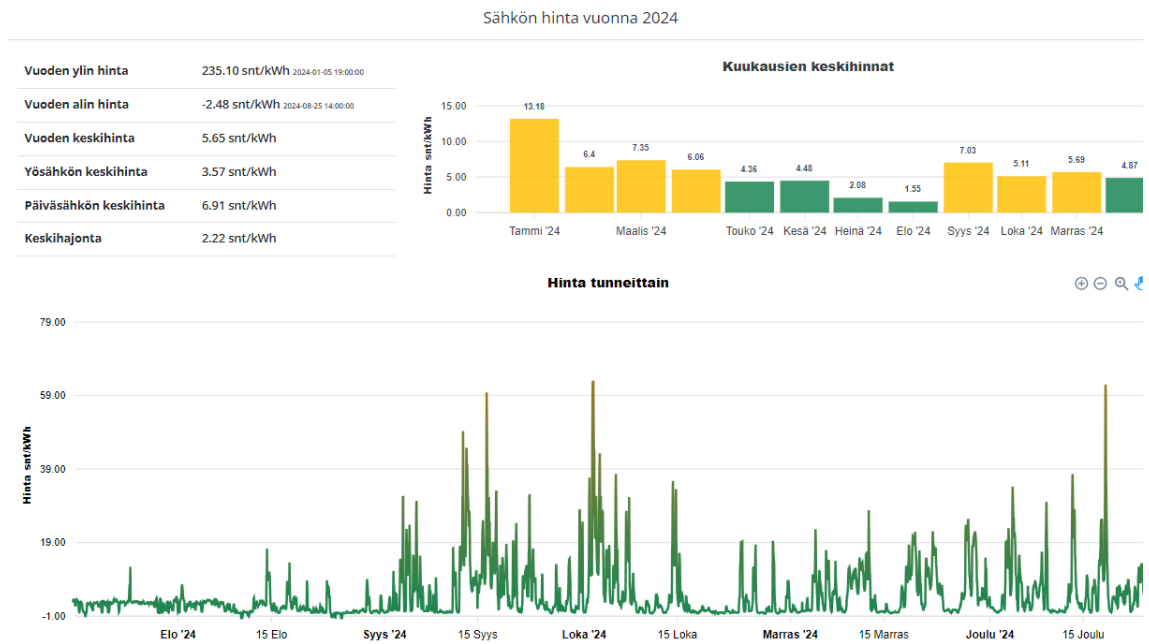
Sähkön hinta kuluttajatyypeittäin muuttujina Kuukausi. Kokonaishinta, Kotitalousasiakas, vuosikulutus 5 000 kWh - 15 000 kWh, Hinta (snt/kWh).



Kuva 19. Sähkön kokonaishinta 2024 [24].

Sähkön hinnan rajuista heilasteluista ja vaikeasta ennustettavuudesta sai paremman kuvan, kun alle lisättiin kuvaaja (kuva 20) vuodesta 2024, josta käyvät ilmi niin kuukausittaiset pörssihinnan keskiarvot kuin minimi ja maksimit.

Vuonna 2024 pörssisähkö on maksanut halvimillaan  $-2,45$  c/kWh (25.8.2024) ja kalleimmillaan  $235,1$  c/kWh (6.1.2024). Tarkasteluun on tietoisesti valittu loppuvuosi 2024, koska silloin päivähintojen vaihtelu hieman tasaantui edellisen kevään lukemista.



Kuva 20. Sähkön hintaheilahtelut loppuvuonna 2024 [25].

Kansainvälinen Nord Pool -sähköpörssi ilmoittaa sähkölle joka päivä noin kello 15 seuraavan vuorokauden hinnat, ja nämä hinnat annetaan jokaiselle tunnille. Hinta määräytyy kysynnän ja tarjonnan mukaan, sähkökauppaa käydään ja sähköä siirretään tarpeiden mukaan yli valtorajojen, hyödyntäen kansainvälisiä siirtoyhteyksiä. Kotitaloudet voivat ostaa pörssisähköä spot-hinnalla, johon lisätään sähköyhtiökohtainen marginaali, sähkönsiirtomaksu ja sähkövero. Verkonhaltijana suunniteltavan kiinteistön alueella toimiva Helen Oy myy kotitalousasiakkailleen tällä hetkellä pörssisähköä hintaan spot-hinta + 0,49 c/kWh [26]. Tähän päälle tulevat siirtomaksut ja verot. Helen Oy perii siirrosta 4,12 c/kWh ja sähköverona 2,83 c/kWh [27]. Kuluttajalle on tietysti tarjolla myös toisenlaisia sähkösopimuksia kuin pörssisähkö, mutta tässä laskelmassa muut vaihtoehdot jätettiin huomioimatta.

Jakeluverkkoyhtiöt ostavat ylimääräisen sähkön pientuottajilta lähes sähkön pörssihinnalla, pienellä komissiolla vähennettynä. Helen oy ostaa pientuottajalta ylijäämänsähkön hintaan, jossa pohjoismaisesta sähkön spot-hinnasta vähennetään ostokomissio 0,3 c/kWh [28].

Suomessa on käytössä kotitalouksien pientuotannon ja ostetun sähkön taseselvitysjakso, joka netottaa tuotannon ja kulutuksen määrätyn mittausjakson mukaan. Netotuksella tarkoitetaan mittausjakson aikana kulutetun ja tuotetun sähköenergian erotusta, eli omaa tuotantoa verrataan aina omaan kulutukseen koko taseselvitysjakson ajalta. Helen Oy käyttää 15 minuutin jaksoa, eli jos ensin 7,5 minuutin ajan kulutettaisiin verkosta otettavaa sähköä 5 kW:n teholla ja seuraavaksi verkkoon tuotettaisiin 7,5 minuutin ajan sähköä samalla teholla, ei kyseiseltä mittausjaksolta kertyisi maksettavaa kumpaankaan suuntaan, koska kulutettu ja tuotettu energiamäärä olisivat yhtä suuria [29].

Näillä tiedoilla päästiin laskemaan jonkinlainen arvio aurinkopaneelien kannattavuudesta. On ilmeistä, että sähkön ostamista kannattaa välttää jo siirtomaksun ja veron vuoksi, koska niitä ei saa takaisin, kun myy omaa ylituotantoa. Näin ollen on perusteltua mitoittaa oma aurinkovoimala niin, ettei auringon paistaessa tarvitse ostaa sähköä, vaan oma sähköntuotanto kattaa vähintään oman kulutuksen kesällä päiväsaikaan.

Kuinka paljon sähköä kuluu sitten kesällä? Kesäaikaan kiinteistön rakennuksien lämmitys ei todennäköisesti ole kovin suuri kuluttaja. Lämpimän käyttöveden tuotanto sen sijaan vaatii oman tehonsa. Kulutettava tehomäärä riippuu kiinteistön asukasmäärästä ja kulutustottumuksista. Kesäkuumalla ilmalämpöpumpuja käytetään rakennuksien jäähdytykseen. Tulevaisuudessa rakennettavan sähköauton latauspisteen tehoksi suunniteltiin myös 11 kW, mutta sen käyttöä rajataan siten, että liittymäkohtainen maksimivirta ei ylity. Laskelman pohjaksi otettiin siis aiemmin laskettu huipputehoarvio 11 kW.

Edellä laskettiin, että talon kahdelle lappeelle voitaisiin asentaa yhteensä 80 m<sup>2</sup> aurinkopaneeleita, ja niiden piikkitehoksi arvioitiin 12 000 W<sub>p</sub>. Koska kumpikaan paneelisto ei ole optimaalisimmassa suunnassa etelään ja ne toimivat osittain eri aikoina, arvioitiin, että molempien paneelistojen yhteinen tuotto voisi olla 8 000 W<sub>p</sub>. Paneeliasennuksille laskettiin hinta-arvio Juha Lipposen hintadatan perusteella, eli oletettiin aurinkovoimalan hinnaksi asennettuna 1 €/W<sub>p</sub> [23]. Tästä saadaan paneelistoille hinnaksi yhteensä 8 000 € sisältäen invertterin ja

asennuksen. Uudisrakentamisessa tätä summaa ei voi pienentää käyttämällä kotitalousvähennystä.

Motivan mukaan paneelivalmistajat yleensä takaavat, että paneelien tuotto on vähintään 90 %, kun hankinnasta on kulunut kymmenen vuotta. Paneelien tekniseksi eliniäksi arvioidaan 30 vuotta ja invertterin eliniäksi puolet tästä. Valmistusvirhetakuun pituus on Motivan mukaan tyypillisesti 12 vuotta. [30.]

Laskelman pohjaksi otettiin siis oletus, että järjestelmä maksaa itsensä takaisin takuuajana. Oletetaan, että pääoman vuosikorko on 4 %, ja että aurinkovoimalan hinta kuoletetaan 12 vuodessa kuukausittaisilla tasaerillä. Näillä oletuksilla hyödynnettiin MS Excelistä löytyvää valmista lainalaskuria, ja saadaan kuukausittaiseksi kustannukseksi 70,04 € (kuva 21).

### Lainalaskuri

	Anna arvot
Lainasumma	8,000.00 €
Vuosikorko	4.00%
Laina-aika vuosina	12
Lainan nostopäivämäärä	3/3/2025
Kuukausimaksu	70.04 €
Maksuerien määrä	144
Korko yhteensä	2,086.09 €
Lainan kokonaiskustannukset	10,086.09 €

Kuva 21. Lainalaskuri.

Seuraavaksi arvioitiin omalla sähköntuotannolla saatavat säästöt. Tehtiin arvio, että aurinkovoimalan tuotto voitaisiin käyttää suurelta osin itse ja myytäväksi jäävä ylijäämä kompensoisi myyntihinnallaan sen kulutuksen, joka joudutaan ostamaan verkosta, mutta tämä toimisi vain kuukaudet maaliskuusta lokakuuhun. Kuvan 20 perusteella arvioitiin maaliskuu-lokakuun sähkön spot-hinnaksi 6 c/kWh. Tähän lisättiin Helen Oy:n myyntikomissio 0,3 c/kWh. Näiden päälle

laskettiin vielä sähkövero 2,83 c/kWh ja siirtomaksu 4,12 c/kWh. Säästettävän sähkön kokonaishinnaksi saatiin näin 13,25 c/kWh. Marras-helmikuun tuotanto jätettiin huomioimatta pimeyden ja lumen vuoksi. Luvun 5.1 kuvien 15 ja 16 perusteella koko vuoden tuotannoksi arvioitiin 8 600 kWh. Koko tämä määrä laskettiin säästettäväksi 13,25 c/kWh hinnalla.

Omalla tuotannolla vuodessa säästyneeksi sähkölaskuksi saatiin 1 139,5 €. Kun säästöä verrataan 12 vuoden kuoletusajalla laskettuun paneelien vuosikustannukseen (kuva 21), eli  $12 \times 70,04 = 840,48$  €, päädyttiin siihen, että tehdyillä oletuksilla saataisiin aurinkovoimalan hinta ja pääomakulut kuoletettua 12 vuodessa. Laskelma sisältää kuitenkin useampia osittain epävarmoja oletuksia, kuten paneelien hinta, sähkönkulutus ja sähkön hinta. Laskelma on siis herkkä muutoksille missä tahansa lähtöarvoissa.

Yhteenvetona aurinkovoimalan osalta havaittiin, että sähköntuotanto kannattaa mitoittaa oman kulutuksen mukaan. Itse tuotetun sähkön voi käyttää esimerkiksi sähköauton lataamiseen, sitä ei juuri koskaan kannata myydä. Kun paneelien mitoitus on suunnilleen oman kulutuksen suuruinen, on mahdollista kesäkuukausina päästä pieneen sähkölaskuun. Hankintaa voi tosin perustella myös ympäristöarvoilla, kaikki ei ole rahassa mitattavissa. Jos voimalan ylimitoittaa selvästi yli oman käytön, hankinta ei näyttäisi olevan taloudellisesti kannattavaa myytävästä sähköstä saatavan heikon tuoton vuoksi.

## **6 Kodinkoneiden energiankulutuksen tarkastelu**

Uudisrakennuksen rakennuttajan budjetin eräs merkittävä hankintaerä on kodinkoneet. Markkinoilla mallistot ovat kohtuullisen laajoja ja valinta niiden välillä voi olla vaikeaa. Tilaajan toiveesta tutkimuksessa selvitettiin, saavutetaanko kodinkoneen elinkaaren aikana säästöä hankkimalla mahdollisimman energiatehokas kodinkone.

EU:n energiamerkin tarkoitus on auttaa kuluttajia vertailemaan laitteiden energiankulutusta ja kannustaa yrityksiä kehittämään tuotteitaan [31].

Sähkölaitteet jaetaan energiamerkinnältään luokkiin A–G, joista A-luokan tuotteet ovat energiatehokkaimpia. Joissakin laitteissa on vielä käytössä luokat A+ – A+++ . Luokkien välisiä rajoja tarkistetaan tietyin väliajoin, ja kirjaintunnuksia vastaavat energiankulutusrajat tyypillisesti pienenevät tarkistuksissa. Muutoksen astuessa voimaan uuteen A-luokkaan ei usein yllä ainutkaan sen hetken sähkölaite, jolloin sinne jää tilaa uusille innovaatioille ja entisiä energiatehokkaammille tuotteille. Markkinoilla oleviin laitteisiin on merkittävä energiamerkinnän lisäksi vuosittainen sähkönkulutus testiolosuhteita vastaavassa tilanteessa.

Tarkastelun kohteeksi valittiin jää- ja pakastinkaapit, koska niiden energiankulutus on aika tasaista läpi vuoden. Alla olevassa kuvassa 22 on tarkasteltu eri energialuokkien kylmälaitteiden vuosikulutuksia ja potentiaalisia säästöjä suhteessa C-luokan laitteisiin.

Energiatehokkuusluokka	Energiansäästö verrattuna C-luokkaan
A	36 %
B	20 %
C	0 %
D	-25 %
E	-56 %
F	-95 %
G	Vähemmän kuin -95 %

Kuva 22. Energiansäästö kodin kylmälaitteissa [32].

Lisävaatimuksina pakastinkaapin tarkasteluun olivat kalusteoven integroitavuus liukukiskoilla, maksimileveys 60 cm ja maksimikorkeus 190 cm sekä nofrost-automatisulatustoiminto. Mainituilla parametreilla tutkittiin tarjolla olevia vaihtoehtoja kahdessa eri verkkokaupassa. Tarkastelun tulokset on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Integroitavat pakastinkaapit

<b>Integroitavat pakastinkaapit</b>			
Merkki ja malli	Hinta (€)	Energialuokka	Vuosikulutus (kWh)
Epoq ETF177124D	899,99	D	189
Electrolux EUN7NE18S	979,99	E	236
AEG TB7NA181ES	1159	E	236
Gorenje FN1418EE1	1199	E	212
Smeg S8F174NE	2099	E	233
Gram Classic SFI317540 N	491,96	E	231
Grundig GFNI 22440 N	897	E	239
Point 3-series FI3791E	797	E	231
Electrolux LUT6NF18S	841	F	292
AEG ABE818F6NS	791	F	292

Taulukosta havaittiin, että tilaajan hakuiedoilla ei löytynyt yhtään A, B tai C-luokan energiatehokkuuteen yltävää pakastinkaappia. Osittain tämä johtui tilaajan automaattisulatustoiminnan vaatimuksesta, mutta myös siitä, että pakastinkaappien energialuokkien välisiä raja-arvoja on kiristetty. Havaittiin, että hankintahinta ei suoraan korreloi energiatehokkuuteen. Keskimääräinen vuosikulutus E-luokassa oli 231 kWh ja F-luokassa 292 kWh. Vertailussa mukana olleiden D- ja E-luokan laitteiden välinen keskimääräinen kulutusero oli 42 kWh ja E- ja F-luokkien välinen ero 61 kWh. Aiemmin arvioidulla energian kokonaishinnalla 13,25 c/kWh saavutettava säästö peräkkäisten energialuokkien välillä oli 5,5–

8,1 €. Kahden luokan erolla tulokseksi saatiin 13,6 €. Mikäli laitteen käyttöiäksi arvioidaan esimerkiksi 10 vuotta, on siis saavutettava säästö noin 55–136 €.

Tarkasteltavien jääkaappien parametreiksi hakuun asetettiin vähintään 280 litran tilavuus ja kalusteoven integroitavuus liukukiskolla. Tulokset ovat esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Integroitavat jääkaapit

<b>Integroitavat jääkaapit</b>			
Merkki ja malli	Hinta (€)	Energialuokka	Vuosikulutus (kWh)
AEG TK6DS18XES	1099	E	114
Electrolux ERD6DE18SX	999	E	114
AEG TK6DS181ES	1169	E	114
Gram Classic 4000 SKI317540	999,99	E	112
Bosch Serie 2 KIR81NSEO	777,99	E	114
Samsung BRR29723DWW	1359	D	89
Bosch KIF81HOD0	2499	E	120
Epoq ETRI77I24D	899,99	D	90
Samsung BRR29623EWW	999	E	111
Bosch KIR81SDDO	1499	D	91

Taulukosta havaittiin, ettei myöskään jääkaappeja löydy parhaimmista energialuokista ja ettei hankintahinta korreloi suoraan energiatehokkuuden kanssa. Keskimääräisen kulutuseron ollessa luokkien D ja E välillä 24 kWh saadaan

vuosittaiseksi säästöksi noin 3,2 € ja elinkaarisäästöksi 32 €. Kokonaisuudessaan saavutettavat säästöt ovat siis molemmissa tapauksissa suhteellisen marginaalisia.

Edellä tarkasteltujen asioiden lisäksi kylmälaitteen sijoittamisella ja oikealla käytöllä on suuri merkitys kokonaisenergiankulutuksen kannalta. Kylmälaite tulee sijoittaa mahdollisimman kauas keittiön muista lämmönlähteistä ja rakennuksen tulisijoista. Korkeampi huonelämpötila ja alempi kylmälaitteen asetuslämpötila lisäävät kylmälaitteen kulutusta. Kylmälaitteen takaosa tulee pitää pölyttömänä ja tiivisteet puhtaina, jotta laite toimisi mahdollisimman energiatehokkaasti. [33.]

## 7 Yhteenveto

Tässä opinnäytetyössä esiteltiin kattava sähkösuunnitelma uudisrakennukselle, joka koostuu pientalosta ja siihen liittyvästä piharakennuksesta. Suunnitelma sisältää mitoituslaskelmat, suunnitelmadokumentit ja sähköauton latauspisteen tarkastelun. Lisäksi tämän lopputyön avulla tilaaja voi pohtia aurinkopaneeliston ja kodinkoneiden hankintaa.

Tilaajan osittain avoimet suunnitelmat aiheuttivat työn tekemisessä hieman haasteita, mutta toisaalta antoivat vapaammat mahdollisuudet pohtia suunnitelmassa laajemmin käsiteltäviä asioita. Aurinkosähkön taloudellinen kannattavuus havaittiin herkäksi sähkön hintojen heilahteluille ja investointikustannuksille. Sähköautojen latauspisteiden ja aurinkosähköjärjestelmien teknologia kehittyy myös nopeasti, mikä voi tehdä tarkastelluista ratkaisuista vanhentuneita muutaman vuoden kuluessa.

Pientalo suunnittelukohteena vaatii suunnittelijalta monipuolista osaamista jokaisen suunnitelman osa-alueelta. Suunnittelutyössä mukana seuraa koko ajan monipuolinen ohjeistus sähköstandardeista, lakiteksteistä ja asetuksista. Käytännön kokemuksen puuttuessa sähköjärjestelmien rakentamisesta hankalinta työssä oli pohtia asennusten helppoa ja sujuvaa toteutettavuutta. Vähäisellä suunnittelukokemuksella suunnittelutyö oli hidasta vastaantulevien pienten

ongelmien ja suunnitteluohjelman monipuolisen käyttöliittymän vuoksi. Kokonaisen suunnitteluprojektin hoitaminen alusta loppuun oli silti erittäin mielenkiintoinen kokemus.

## Lähteet

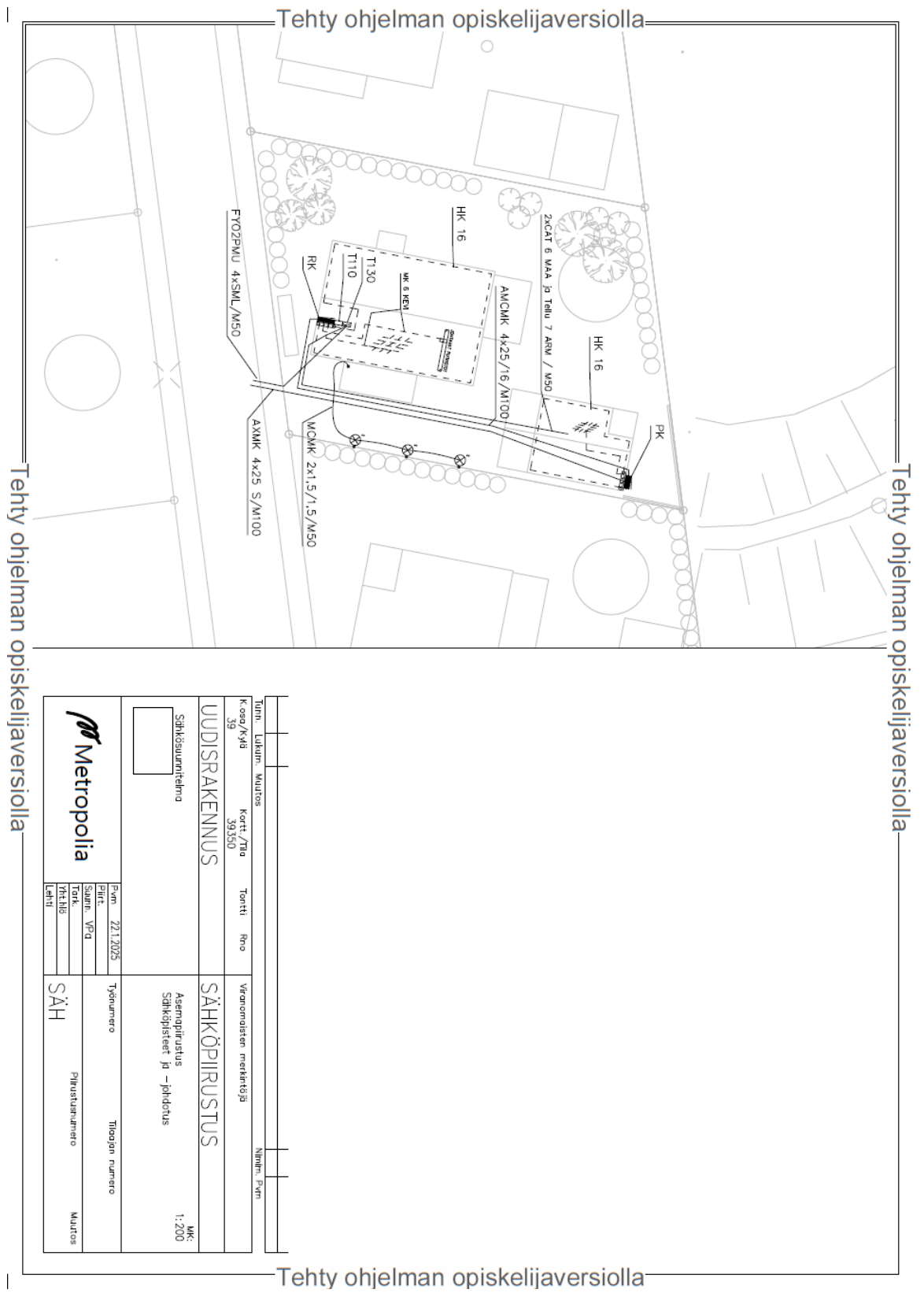
- 1 SFS 6000-514.5:2022. Pienjännitesähköasennukset. Osa 5-51. Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Yleiset säännöt. SFS Suomen Standardit.
- 2 Rakennuksen sähköverkon ja pienjänniteliittymän mitoittaminen. 2021. ST 13.31. Sähkötieto ry.
- 3 Pientalon sähköliittymä. Verkkoaineisto. Helen Oy. <[https://www.helensahkoverkko.fi/globalassets/hsv/dokumentit/hsv\\_su-ohje\\_pientalot.pdf](https://www.helensahkoverkko.fi/globalassets/hsv/dokumentit/hsv_su-ohje_pientalot.pdf)>. Luettu 20.1.2025.
- 4 SFS 6000-8-814:2022. Pienjännitesähköasennukset. Osa 8-814. Täydentävät vaatimukset. Kaapelien asentaminen maahan tai veteen. SFS Suomen Standardit.
- 5 SFS 6000-5-52:2022 Y52.1. Pienjännitesähköasennukset. Liite 52 Y. Taulukko Y 52.1. Johtimien kuormitettavuuden vähimmäisarvot erilaisilla gG-tyyppisen sulakkeen mitoitusvirroilla. SFS Suomen Standardit.
- 6 SFS 6000-5-52:2022 B52.5. Pienjännitesähköasennukset. Taulukko B52.5. Johtimien kuormitettavuus. Pex-eristeiset kupari- ja alumiinijohtimet. SFS Suomen Standardit.
- 7 Eltel Networks Oy. Helsinki. Sähköposti 10.2.2025.
- 8 Tiainen Esa (toim.). 2022. Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. 29. painos. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 9 SFS 6000-5-54:2022. Pienjännitesähköasennukset. Maadoitusjärjestelmät. 542.2 Maadoituselektrodit. SFS Suomen Standardit.
- 10 Kytkimien, pistorasioiden ja muiden rasiakojeiden sijoitus. 2025. ST 51.22. Sähkötieto ry.
- 11 Määräys 65 kiinteistön sisäverkoista. 2022. Verkkoaineisto. Liikenne- ja viestintävirasto Traficom. <[https://finlex.fi/api/media/authority-regulation/14032/media/M\\_65\\_E2022\\_M.pdf?typeDiscriminator=traficom-communications&timestamp=2025-02-21T11%3A00%3A44.000Z](https://finlex.fi/api/media/authority-regulation/14032/media/M_65_E2022_M.pdf?typeDiscriminator=traficom-communications&timestamp=2025-02-21T11%3A00%3A44.000Z)>. 21.12.2022. Luettu 22.1.2025.
- 12 Asetus palovaroittimien asentamisesta ja kunnossapidosta. 2009. 239/14.4.2009.

- 13 Laki rakennusten varustamisesta sähköautojen latauspisteillä ja latauspi-  
tevalmiuksilla. 2020. 733/3.11.2020
- 14 Sähköautojen latauspisteet kiinteistöissä. 2022. ST 51.92. Sähkötieto ry.
- 15 Sähköauton lataaminen ja latauspisteiden toteutus. 2023. ST 51.90. Säh-  
kötieto ry.
- 16 Orrberg Matti (toim.). 2022. Sähköajoneuvot ja latausjärjestelmät. 6. pai-  
nos. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 17 Kotilatausaseman valinta. 2024. Verkkoaineisto. Nordigplug oy.  
<<https://nordicplug.fi/blogs/sahkoautot-ja-lataaminen-blogi/sahkoauton-ko-tilatausasema-11kw-vai-22kw>>. 22.7.2024. Luettu 25.2.2025.
- 18 Defa Power 22 kW. Verkkoaineisto. Defa oy.  
<<https://www.defa.com/fi/defa-power/>>. Luettu 26.2.2025.
- 19 Perälä, Rae. 2017. Aurinkosähköä. Helsinki: Alfamer / Karisto Oy.
- 20 PVGIS user manual. Verkkoaineisto. Euroopan komission yhteinen tutki-  
muskeskus. <[https://joint-research-centre.ec.europa.eu/photovoltaic-geo-graphical-information-system-pvgis/getting-started-pvgis/pvgis-user-ma-nual\\_en](https://joint-research-centre.ec.europa.eu/photovoltaic-geo-graphical-information-system-pvgis/getting-started-pvgis/pvgis-user-ma-nual_en)>. Luettu 26.2.2025
- 21 Photovoltaic Geographical Information System. Verkkoaineisto. Euroopan  
komission yhteinen tutkimuskeskus. <[https://re.jrc.ec.eu-ropa.eu/pvg\\_tools/en/tools.html](https://re.jrc.ec.eu-ropa.eu/pvg_tools/en/tools.html)>. Luettu 1.3.2025
- 22 Robertsson, Vesa. 2021.15 kuukautta aurinkopaneelien kanssa – kannat-  
tiko? Verkkoaineisto. <<https://energio.fi/blogs/uutiset/15-kuukautta-aurin-kopaneelien-kanssa-kannattiko>>. 21.9.2021. Luettu 1.3.2025.
- 23 Lipponen, Juha. 2023. Aurinkopaneelien hintatutkimus. Verkkoaineisto.  
Facebook. <[https://www.face-book.com/groups/37037302245/search/?q=lipponen%20juha%20lipponen&locale=fi\\_FI](https://www.face-book.com/groups/37037302245/search/?q=lipponen%20juha%20lipponen&locale=fi_FI)>. 29.11.2023. Luettu 1.3.2025.
- 24 Sähköenergian hinta kotitalouksille. Muuttujina hinta, vuosikulutus, aika.  
2024. Verkkoaineisto. Tilastokeskus.  
<[https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_\\_ehi/stat-fin\\_ehi\\_pxt\\_13rb.px/chart/chartViewLine/](https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__ehi/stat-fin_ehi_pxt_13rb.px/chart/chartViewLine/)>. Luettu 1.3.2025.
- 25 Pörssisähkön hintatilastot. 2024. Verkkoaineisto. Sahkoa.io.  
<<https://www.sahkoa.io/stats.php?year=2024>>. Luettu 1.3. 2025.

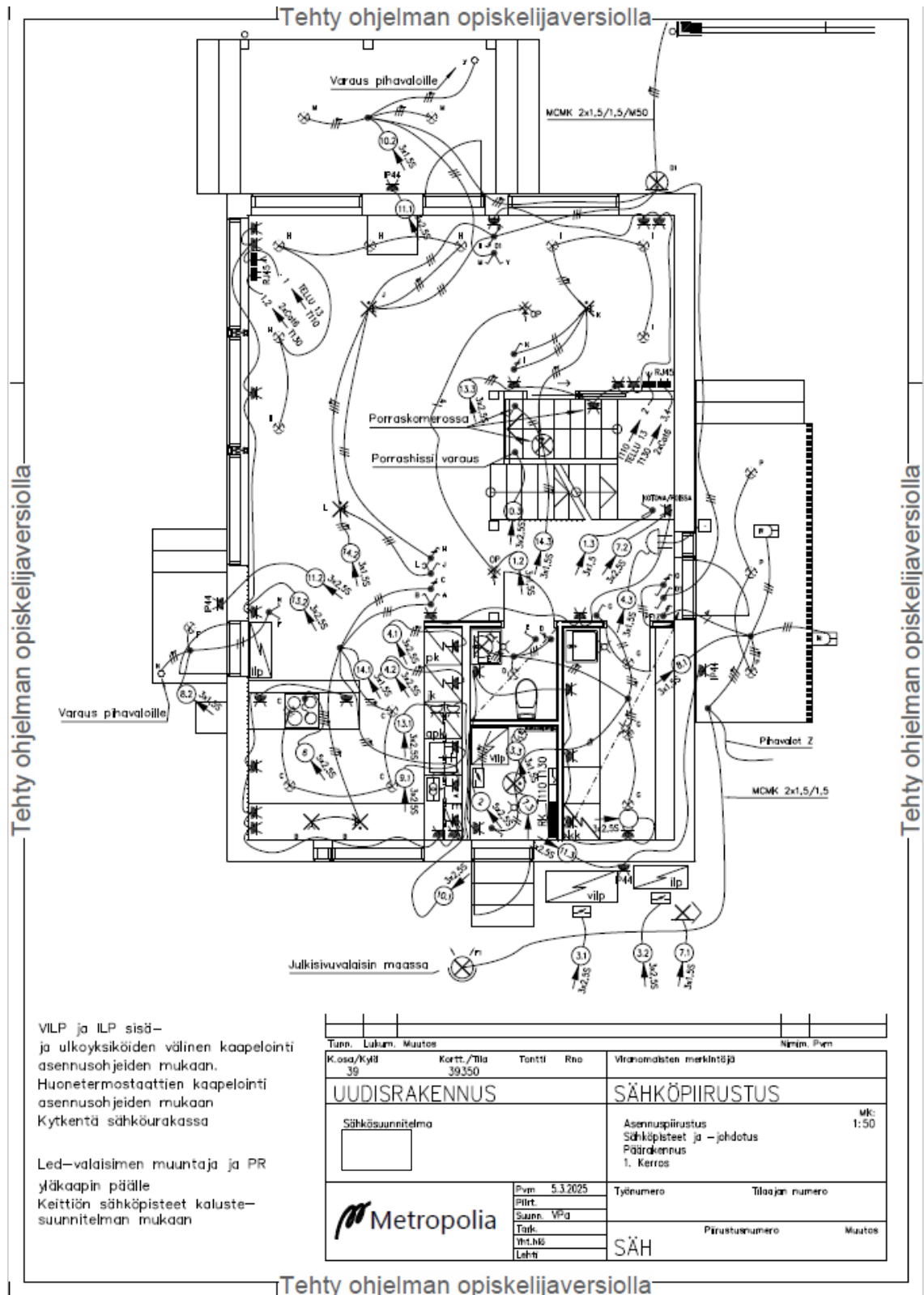
- 26 Sähkö Sopimus ja sähkön hinta. Verkkoaineisto. Helen Oy. <<https://www.helen.fi/sahko/sahkosopimus>>. Luettu 3.3.2025.
- 27 Sähkön siirto hinnasto. Verkkoaineisto. Helen Oy. <<https://www.helensahkoverkko.fi/henkiloasiakkaat/tietoa-sahkonkulutuksesta/mika-tuote-valita-sahkonsiirtoon>>. Luettu 3.3.2025.
- 28 Pientuotannon osto. Verkkoaineisto. Helen Oy. <<https://www.helen.fi/aurinkopaneelit/pientuotannon-osto>> Luettu 3.3.2025.
- 29 Sähkön verkkopalveluhinnasto. Verkkoaineisto. Helen Oy. <[hsv-sahkon-verkkopalvelumaksut-1.9.2024.pdf](https://www.helen.fi/hsv-sahkon-verkkopalvelumaksut-1.9.2024.pdf)>. Luettu 3.3.2025.
- 30 Aurinkosähköjärjestelmän teho. 2024. Verkkoaineisto. Motiva ry. <[https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/jarjestelman\\_valinta/aurinkosahkojarjestelman\\_teho](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/aurinkosahkojarjestelman_teho)>. Päivitetty 31.1.2024. Luettu 3.3.2025.
- 31 Energiamerkintä. Verkkoaineisto. Energiavirasto. <<https://energiamerkinta.fi/>>. Luettu 4.3.2025.
- 32 Jääkaapit ja pakastimet. Verkkoaineisto. Energiavirasto. <<https://energiamerkinta.fi/jaakaapitjapakastimet/>>. Luettu 3.3.2025.
- 33 Keittiö ja kodinhoito. 2024. Verkkoaineisto. Motiva ry. <[https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/energiatehokas\\_arki/keittio\\_ja\\_kodinhoito](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/energiatehokas_arki/keittio_ja_kodinhoito)>. Päivitetty 27.11.2024. Luettu 4.3.2025.



## Asemapiirustus



# Asennuspiirustukset



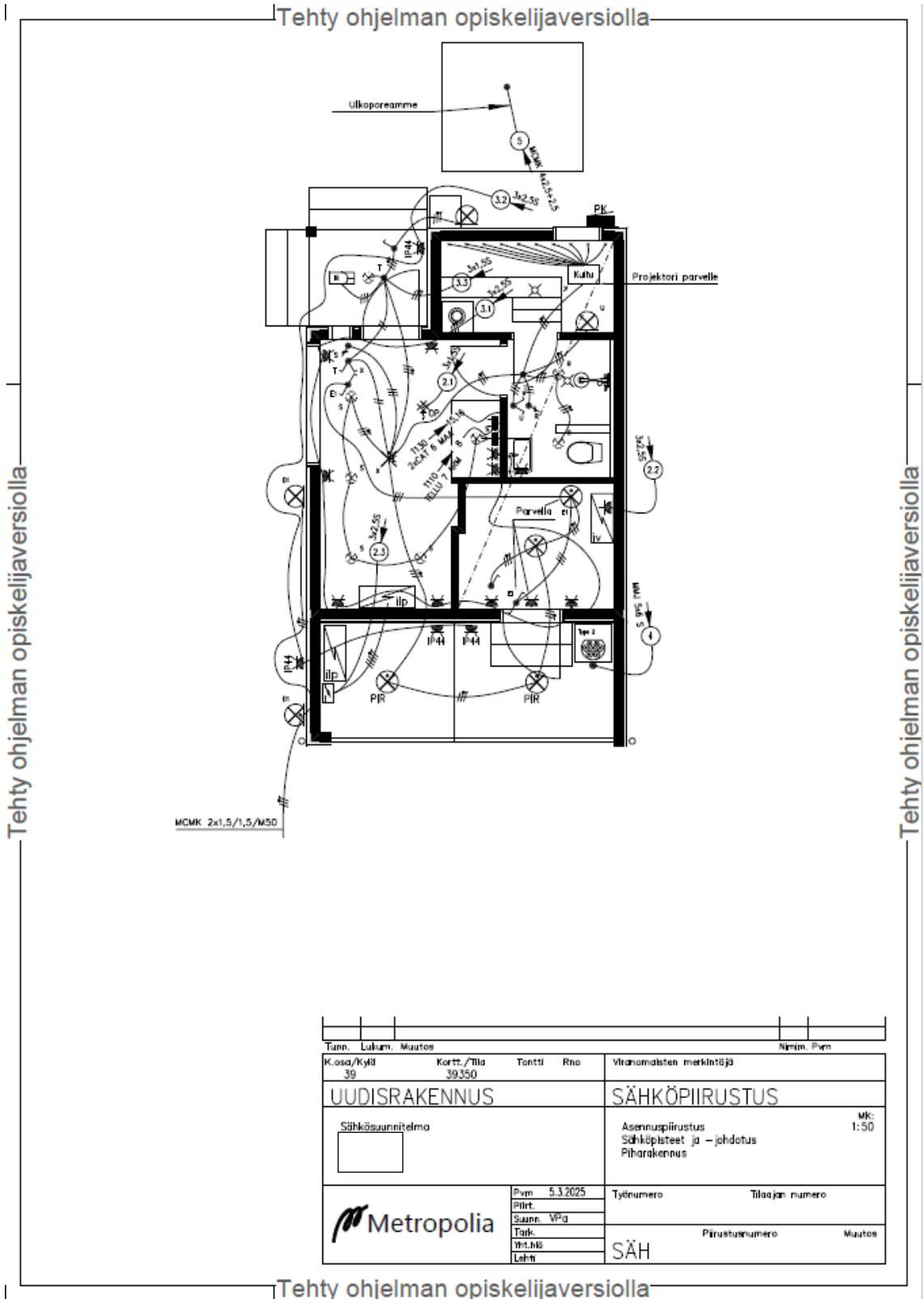
VILP ja ILP sisä- ja ulkoyksiköiden välinen kaapelointi asennusohjeiden mukaan.  
Huonetermostaattien kaapelointi asennusohjeiden mukaan  
Kytkenä sähköurakassa

Led-valaisimen muuntaja ja PR yläkaapin päälle  
Keittiön sähköpisteet kaluste-suunnitelman mukaan

Tunn.	Lukum.	Muutos			Nimi	Pvm
K.osa/Kytil	39		Kortti/Tila	Tontti	Rno	Viranomaisen merkintä
UUDISRAKENNUS			SÄHKÖPIIRUSTUS			
Sähkösuunnitelma			Asennuspiirustus Sähköpisteet ja -johdotus Päärakennus 1. Kerttas			Mk: 1:50
			Pvm	5.3.2025	Työnumero	Tilajan numero
			Piirt.			
			Suunn.	VPa		
			Tark.			
			Wrt.HiG			
			Lehti			
			SÄH		Piirustusnumero	Muutos

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla





Tunn.	Lukum.	Muutos			Nimim. Pvm
K.osa/Kytilä	Kortti./Tila	Tontti	Rno	Viranomaisen merkintäjä	
39	39350			SÄHKÖPIIRUSTUS	
Sähkösuunnitelma			Asennuspiirustus Sähköpisteet ja -johdotus Piharakennus		Mk: 1:50
			Pvm	5.3.2025	Työnumero
			Piirt.		Tilajan numero
			Suunn.	Vp'd	
			Tark.		
			Wrt.his		Piirustusnumero
			Lehti		Muutos
			SÄH		

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla



PK		Tehty ohjelman opiskelijaversiolla		PK		Tehty ohjelman opiskelijaversiolla																																														
A	muutos	D	muutos	A	muutos	D	muutos																																													
B	muutos	E	muutos	B	muutos	E	muutos																																													
C	muutos	F	muutos	C	muutos	F	muutos																																													
11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25		26		27		28		29		30		31		32		33		34		35		36		37
A	KESKUS		RHYHMÄ	OSOITE	TUNNUS	JOHDOTUS	KVA/kW	A / A	HUOM.																																											
B	Ilmanvalhtoputkisto																																																			
C	Betontiraidoituusverkko																																																			
D	Perustusniraidoituuselektrodi																																																			
E	Muut johtavat putkistot																																																			
F	PÄÄKÄTKIN 50 A		LIITTYMÄ			AMMK 4x25 S		25/63 A																																												
G	Liittymiskappeli					KLMA-HF 4x0,8+0,8																																														
H	Virtomittaus laatuspisteelle																																																			
I	Nousukappeli Ryhmäkeskukselle		RK/TK			AMCMK 4x25/16																																														
J	Pistorasiat keskuksessa							C16																																												
K	PALOVAROITIN					3x1,5S		B2																																												
L	PR IVK					3x2,5S		C16																																												
M	ILP					3x2,5S		C16																																												
N	PR PIHARAKENNUS					3x2,5S		C16																																												
O																																																				
P																																																				
Q																																																				
R																																																				
S																																																				



Sähkösuunnitelma

Päädikaoivio  
Pöytäkeskus PK

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

Kokonaus  
Määrä / A.3.2025  
Päivä  
Tark.

Kokonaus  
Lähti  
2/3

SÄH

Sähköpostiosoite  
PK

Työnumero

















