



# Vapaa-ajan asunnon sähkösaneerauksen suunnittelu

Kimmo Eloranta

OPINNÄYTETYÖ  
Syyskuu 2024

Sähköisen talotekniikan tutkinto-ohjelma  
20AI254

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Talotekniikan tutkinto-ohjelma  
Sähköinen talotekniikka

ELORANTA, KIMMO:  
Vapaa-ajan asunnon sähkö saneerauksen suunnittelu

Opinnäytetyö 29 sivua  
Syyskuu 2024

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda kattavat sähkö- ja valaistussuunnitelmat vanhaan 70-luvun vapaa-ajan asuntoon Isojärven kansallispuiston kupeessa. Vanha sähköjärjestelmä oli tiensä päässä, eikä se enää vastannut nykyisiä standardeja. Rakennukseen oli tulossa mittava peruskorjaus, jonka yhteydessä suunnitelmat oli tarkoitus toteuttaa. Lähtökohta oli rakentaa kiinteistön päärakennuksen osalta sähköjärjestelmä kokonaan uusiksi ja modernisoida se tuoden turvallisuus, käytettävyys ja ominaisuudet tälle vuosituhannelle.

Suunnittelussa selkärankana käytettiin ST-kortteja sekä SFS 6000 -standardia. Apuna käytettiin myös laajasti alan kirjallisuutta. Suunnitelmat ja piirustukset toteutettiin Cadmatic-ohjelmistolla.

Opinnäytetyössä selvitettiin kattavasti, mitä haasteita uudet standardit ja modernit talotekniset ratkaisut tuovat vanhan arvokiinteistön modernisoinnissa ja mitä asioita tulee suunnittelussa ottaa huomioon. Lopputuloksena olivat valmiit sähkösuunnitelmat, joiden avulla kiinteistön sähkö saneeraus pystyttiin toteuttamaan.

Avainsanoja: Vapaa-ajan asunto, Sähkö saneeraus

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Building Services Engineering Electrical Systems

ELORANTA, KIMMO:  
Electrical Renovation plan for a Summer Cottage

Bachelor's thesis 29 pages  
April 2024

The objective of this thesis was to create detailed electrical and lighting plans for an old 70s summer cottage next to Isojärvi national park. The old electrical system was completely outdated, and it did not meet modern standards. The main building was facing major renovation, and the plan was to renovate all the electrical systems at the same time. The plan was to replace and modernise the whole electrical system and bring safety, useability and functions to the modern age.

ST cards and the STS 6000 standard were used as the backbone for planning and designing the new electric system. Relevant literature was also used. All plans were created with Cadmatic software.

The thesis explored the challenges that new standards and modern building services solutions present when modernizing a historic property, and what factors need to be considered in the design process. The outcome was a set of completed electrical plans, which enabled the property's electrical renovation to be carried out.

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	5
2	SÄHKÖTEKNISET LASKELMAT .....	6
	2.1. Liittymän huipputehon mitoitus .....	6
	2.2. Syötön automaattinen poiskytkentä .....	7
	2.3. Jännitteenalenema .....	9
	2.4. Sähköauton lataus .....	11
3	DOKUMENTIT .....	13
	3.1. Tasopiirustus .....	13
	3.2. Asemapiirustus .....	15
	3.3. Keskuskaavio .....	16
	3.4. Maadoituskaavio .....	17
	3.5. Valaisinluettelo .....	17
4	SÄHKÖSANEERAUKSEN SUUNNITELMAT .....	19
	4.1. Lähtötilanteen kartoitus .....	19
	4.2. Laskelmat ja mitoitukset .....	20
	4.3. Sähkösuunnitelmat .....	25
	4.4. Valaistussuunnitelmat .....	26
5	POHDINTA .....	28

## 1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä perehdytään Isojärven kansallispuiston välittömässä läheisyydessä sijaitsevan vanhan arvokiinteistön sähköjärjestelmän modernisointiin. Kiinteistöön ollaan tekemässä laajamittainen remontti, jossa kaikki seinärakenteet tullaan avaamaan ja sisältö tullaan vaihtamaan tämän vuosituhannen tekniikkaan. Samalla tullaan päivittämään myös talotekniikka kokonaisuutena tälle vuosituhannelle. Vanha sähköjärjestelmä on viime vuosituhannelta ja se on toteutettu silloisten standardien ja säädösten mukaan. Tarkoitus on tuoda uusi järjestelmä nykyisten vaatimusten mukaiseksi.

Tarkoitus on aluksi kartoittaa nykyinen olemassa oleva sähköjärjestelmä ja selvittää, onko jokin osa-alue siitä hyödynnettävissä uuden järjestelmän osana. Tämä tulee vaatimaan aktiivista läsnäoloa ja ajan tasalla pysymistä varsinaisen rakennustyön edetessä. Lopputuloksena tuotetaan asiakkaalle valmis toteuttamiskelpoinen sähkösuunnitelma, joka yhdistää vanhan arvokiinteistön kaikilta sähköistyksiltään ansaitsemallaan tavalla nykyaikaan.

Standardit ovat iso osa tätä työtä niiden ollessa olemassa loppukäyttäjän turvallisuutta ja koko kiinteistön sähköjärjestelmän energiatehokasta toimivuutta varten. Samat säännökset pitävät huolta jokaisen pistorasian sähköturvallisuudesta ja siitä, että siihen liitetty laite tulee toimimaan suunnitellusti täydellä toimintatehollaan. Vanha kiinteistö onkin loistava kohde perehtyä sähkösaneerauksen haasteisiin, kun yhdistetään eri aikakausilla rakennettua ja suunniteltua sähkötekniikkaa moderniin talotekniikkaan.

Tässä työssä käydään läpi saneeraus teoriatasolla yhdistäen vanha ja mennyt aikakausi liittäen siihen nykyinen moderni maailma edessä olevan lähitulevaisuuden kanssa luoden harmoniassa keskenään oleva lopputulos.

## 2 SÄHKÖTEKNISET LASKELMAT

### 2.1. Liittymän huipputehon mitoitus

Liittymän mitoitus on yksi tärkeimmistä asioista sähkösuunnittelussa. Haasteensa mitoitukseen ja suunnitteluun tuo muuttuvat sähkön kulutuksen hinnoittelut, jatkuvasti lisääntyvä sähkölaitteiden määrä, sekä liikkumisen kasvava sähköistyminen. Alimitoitettu sähköverkko ja liittymä rajoittavat rakennuksen käyttöä ja ylimitoitettuina ne taas aiheuttavat ylimääräisiä kuluja rakentamisvaiheessa sekä myöhemmin käyttökuluina. Suunnitteluvaiheessa rakennuksen sähköverkko ja liittymä tulisi pyrkiä mitoittamaan siten, että ne ovat riittävän suuria myös tulevaisuudessa, mutta eivät kuitenkaan liian suuria. (ST-kortti 13.31 2021, 1). Jälkikäteen tapahtuvat muutokset liittymälle voivat olla huomattavan kalliita.

SFS 6000 antaa myös selkeän kuvauksen liittymän mitoituksen tärkeydestä. Sen mukaan suurimman kuormitusten määrittäminen on tärkeää, jotta asennus voidaan suunnitella taloudelliseksi ja luotettavaksi sallittujen lämpenemien ja jännitteenalennemien mukaisesti. (SFS 6000-1 2022, 46).

Mitoituksen alkuvaiheessa on selvitettävä kiinteistön hetkellinen maksimikuormitus eli huipputeho. Tämän avulla saadaan määritettyä kiinteistön hetkellinen huippuvirta eli mitoitusvirta, joka määrittää alkuvaiheessa kiinteistön liittymäkoon, sekä tarvittavat varokkeet. Mitoituksessa apuna voi käyttää ST-kortiston korttia numero 13.31 ”Rakennuksen sähköverkon ja liittymän mitoittaminen.” Kyseisestä kortista löytyy kattavasti valmiit laskentakaavat ja esimerkit liittymän huipputehon mitoittamiseen. Mitoituksen voi myös käyttötarkoituksen, sekä tulevan tekniikan tuntiessa arvioida itse. Tässäkin tapauksessa ST-kortti 13.31 on avuksi sen sisältäessä valmiita kuormituksia erilaisille sähkölaitteille. Kun kiinteistön huipputeho on saatu määritettyä, saadaan mitoitusvirta laskettua kolmivaihetehon kaavaa apuna käyttäen.

(1)

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi$$

Mitoitusvirtaa laskiessa kaava on johdettava muotoon, jossa virta  $I$  saadaan laskun vastaukseksi. Muut tarvittavat arvot ovat jännite  $U$ , pätöteho  $P$ , sekä tehokerroin  $\cos\varphi$ .

(2)

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi}$$

Vastaukseksi saadaan kiinteistön arvioitu huippuvirta, joka määrittää liittymän pääsulakkeiden koon. Samaa kaavaa käyttäen voidaan myös laskea mitoitusvirrat kiinteistön muillekin virtapiireille.

## 2.2. Syötön automaattinen poiskytkentä

Syötön automaattinen poiskytkentä on yleisesti käytössä oleva varotoimenpide, jonka tarkoituksena on estää henkilö-, eläin- ja omaisuusvahingot. Ihmiset ja kotieläimet on suojattava niiltä vaaroilta, joita voi syntyä koskettaessa asennuksen jännitteisiä osia. (SFS 6000-1 2022, 9) Oikein mitoitetuna ja toimiessaan se estää vahingot katkaisemalla syöttöjännitteen nopeasti annetussa määräajassa. SFS 6000 määrittää tarkat aikarajat, joiden puitteissa suojalaitteiden on toimitava. Tyypillisesti annettu toiminta-aika on 0,4 sekuntia, mutta tietyissä tapauksissa, kuten jakokeskuksien syöttöjohtojen suojauksessa, sallitaan pidempi 5 sekunnin poiskytkentäaika.

Yleisin suojaustapa on ylivirtasuojat, mutta niiden rinnalla on käytössä enenevässä määrin nykyään myös vikavirtasuojaus. Vikavirtasuojan rinnalla on myös oltava aina SFS 6000 mukaan ylivirtasuojat. Vikavirtasuojaa voidaan käyttää suojaamassa myös tapauksissa, jossa pelkkä ylivirtasuojan käyttö ei takaa automaattista poiskytkentää annetussa määräajassa. Pääasiallisesti suojaukseksi on kuitenkin aina pyrittävä saamaan ylivirtasuojaus esimerkiksi kaapelia tai johdonsuojakytkimen tyyppiä muuttamalla. SFS 6000-4-41 määrittää myös, että mitoitusvirraltaan enintään 30 mA vikavirtasuojalla on nykyään suojattava kaikki maallikoiden käyttämät enintään 32 A pistorasiat, sekä ulkona käytettävät siirrettävät laitteet. Myös valaisimia syöttävät johdot on suojattava enintään 30 mA vikavirtasuojilla.

Syötön automaattisen poiskytkennän toiminta on myös tarkistettava. Tarkistus voidaan suorittaa mittaamalla pienin yksivaiheinen oikosulkuvirta vaihejohtimen ja suojajohtimen välillä. Tämä tehdään yleensä kauimmaisesta pisteestä, sillä johtimen pituuden kasvu pienentää oikosulkuvirtaa. Mitatun arvon avulla voidaan laskea vikatilanteessa syntyvä piirin oikosulkuvirta. Saatua tulosta verrataan lopuksi suojalaitteiden taulukkoarvoihin. Aina vikavirtapiirin mittaus ei tosin ole tarpeellista. Näin silloin, jos suojajohtimen jatkuvuudet on mittaamalla tarkastettu ja käytettävissä ovat laskelmat vikavirtapiirien impedansseista tai suojajohtimen resistansseista ja asennus on toteutettu siten, että johtimien pituus ja niiden poikkipinta vastaavat laskelmissa käytettyjä. (ST-käsikirja 33 2023, 27)

Kun suojauksen toimivuus todetaan laskemalla, tarvitaan alkutiedoksi verkkoyhtiöltä liittymän pienin yksivaiheinen oikosulkuvirta  $I_k$ . Tiedon saa viimeistään kysymällä oman alueen sähköverkon haltialta. Suurelta osin maata sähköverkkoyhtiöt ovat julkaisseet arvot verkkoon nähtäviksi. Tämän avulla voidaan määrittää verkon impedanssi  $Z_v$ . Muita laskennassa tarvittavia tietoja ovat pääjännite  $U$ , sekä jännitteenalenemakerroin  $c$ , joka ottaa jännitteenaleneman huomioon kytkimistä, liittimistä ja kaapeleista.

(3)

$$Z_v = \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot I_k}$$

Mikäli kiinteistölle tulee ryhmäkeskuksia, täytyy seuraavaksi laskea niille lähteville nousukaapeleille impedanssit  $Z_n$ . Näiden laskemiseksi tarvitaan aina nousujohtimen pituus kilometreissä ilmoitettuna  $l$ , sekä kaapelin impedanssi  $z$ . Huomioitava on myös, että aina kaapeleissa vaihejohtimen ja suojajohtimen impedanssi eivät ole samoja. Tällöin on nousukaapelin impedanssi  $Z_n$  laskettava käyttäen yhteenlaskettua arvoa vaihejohtimen impedanssista  $Z_{nv}$ , sekä suojajohtimen impedanssista  $Z_{npe}$ .

(4)

$$Z_n = (Z_{nv} \cdot l) + (Z_{npe} \cdot l)$$

Pientaloissa yleisimmin käytössä olevissa kaapeleissa kuitenkin vaihejohtimen, sekä suojajohtimen impedanssiarvot ovat samat, joten kaavan voi yksinkertaistaa käyttäen vain yhtä kaapelin impedanssiarvoa  $z$ .

(5)

$$Z_n = 2 \cdot l \cdot z$$

Verkon, sekä nousukaapelin impedanssiarvot yhteen laskemalla saadaan selvitettyä impedanssi ryhmäkeskuksella  $Z_r$ .

(6)

$$Z_r = Z_v + 2 \cdot l \cdot z$$

Lasketun impedanssin avulla saadaan selvitettyä oikosulkuvirta ryhmäkeskuksella.

(7)

$$I_k = \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot Z_r}$$

Tätä arvoa verrataan taulukkoarvoihin ja tarkistetaan, että pienimmät sallitut oikosulkuvirrat ylittyvät nousujohtimien johdonsuojakatkaisijoille. Kun keskuksilla vaikuttavat impedanssit tiedetään, voidaan kaavan avulla laskea pisimmät mahdolliset ryhmäjohtimien pituudet eri kaapelivahvuuksille.

(8)

$$l = \frac{\left( \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot I_k} - Z_r \right)}{(2 \cdot z)}$$

Niille ryhmäkaapeleille, jotka lähtevät ryhmäkeskuksen sijaan pääkeskukselta vaihdetaan kaavasta ryhmäkeskuksella vaikuttava impedanssi ennen suojalaitetta  $Z_r$  pääkeskuksella vaikuttavaan impedanssiin  $Z_v$ . Laskenta on tehtävä kaikille eri kaapelityypeille, sekä suojalaitteille.

### 2.3. Jännitteenalenema

Jännitteenalenema voi vaikuttaa siihen, kuinka hyvin laitteet toimivat sähköjälkijärjestelmässä. Esimerkiksi jos jännitteenalenema on liian suuri, laitteet voivat saada liian vähän jännitettä ja toimia tehottomasti tai vaurioitua. Jännitteenalenema johtuu yleensä pääosin johtimen sähköisistä vastuksista. SFS 6000 määrittää yleiset suositukset maksimi jännitteenalenemalle eri käyttökohteissa, mutta

nämä annetut arvot eivät ole velvoittavia. Taulukossa 1 esitetään arvot, joita jännitteenaleneman ei suositella ylittävän sähkölaitteen ja liityntäpisteen välillä.

TAULUKKO 1. Jännitteenalenema (ST-käsikirja 33 2023, 31)

Asennuksen tyyppi	Valaistus %	Muu käyttö %
A – Pienjänniteasennus, joka on syötetty suoraan yleisestä jakeluverkosta	3	5
B – Pienjänniteasennus, joka on syötetty yksityisestä teholähteestä)		
	6	8
a) Suositellaan, että niin pitkälle kuin mahdollista ryhmäjohtojen jännitteenalenema ei ylitä asennustyyppille A annettuja arvoja. Kun asennuksen pääjohdot ovat pitempiä kuin 100 m, näitä jännitteenalenemia voidaan kasvattaa 0,005 % johdon 100 m ylittävän pituuden metriä kohti. Ilman tätä lisäystä se ei saa olla suurempi kuin 0,5 %. Jännitteenalenema määritellään sähkölaitteen tehontarpeen mukaan käyttäen soveltuvin osin tasoitus-kertoimia, tai käyttäen piirien suunniteltuja virtoja.		

Jännitteenalenema  $\Delta U$  pystytään laskemaan liityntäpisteen, sekä sähkölaitteen väliltä yksivaiheisella vaihtojännitteellä käyttäen kaavaa.

(9)

$$\Delta U = I_B \cdot 2 \cdot L \cdot (r \cdot \cos\varphi + x \cdot \sin\varphi)$$

Laskemiseen tarvitaan johtojärjestelmän pituus kilometreissä  $L$ , johtimien ominaisresistanssi  $r$ , johtimen ominaisreaktanssi  $x$ , tehokertoimet  $\cos\varphi$ , sekä  $\sin\varphi$  ja suunniteltu virta  $I_B$ . Tarkkojen tehokertoimien arvojen puuttuessa voidaan olettaa  $\cos\varphi$  arvon olevan 0,8 ja  $\sin\varphi$  oletusarvo olevan 0,6. Tuloksena saadaan jännitteenalenema voltteina. Tulos kuitenkin halutaan prosentteina, joten se on vielä muutettava prosenttimuotoon seuraavalla kaavalla.

(10)

$$\Delta u = 100 \cdot \frac{\Delta U}{U_0}$$

Kaavassa jakajana käytetään alkuperäistä jännitettä  $U_0$  vaiheen ja nollan välillä. Prosentteiksi luku saadaan kertomalla se sadalla, jonka jälkeen sitä päästään vertaamaan taulukkoarvoihin.

## 2.4. Sähköauton lataus

Sähköautojen latauspisteet ovat nykyään merkittävä tekijä sähkösuunnittelussa, koska ne lisäävät huomattavasti kiinteistön sähkökuormitusta. Latauspiste edellyttää tarkkaa mitoitusta sähköverkolle ja varmistusta siitä, että liittymäkapasiteetti, kaapelointi, ja suojalaitteet kestävät kasvaneen kuormituksen. Suunniteluun avuksi on olemassa oma ST-käsikirjansakin aiheesta, ST-käsikirja 41, joka keskittyy pelkästään sähköauton latausjärjestelmiin. Sähköautojen latausjärjestelmien suunnittelu on tärkeää teknisen toimivuuden ja turvallisuuden lisäksi myös käyttäjäkokemuksen ja ympäristöystävällisyyden kannalta.

Suunnittelussa ensimmäinen vaihe on aina tarpeen kartoitus, jossa arvioidaan sitä, minkälaiselle ja tehoiselle laitteistolle kohteessa tarve on. Uudisrakentamisen ollessa kyseessä määrittää latauspistelaki 733/2020, vähimmäisvaatimukset latauspisteille. Kun latauspisteiden tarve on kartoitettu, voidaan suunnittelu lataustehoista aloittaa liittymän asettamien rajoitusten puitteissa. Henkilöautojen keskimääräistä sähkönkulutusta 20 kWh/100 km voidaan käyttää apuna mitoituksessa, kun määritetään latauspisteen tehontarvetta. 100 km päiväkohtainen latausmäärä on ST-käsikirjankin antama suositus minimi latausmääräksi. Tämä toteutuu keskipäiväkohtaisen latauksen mukaan noin 10 h latausajassa 2 kW teholla. Monesti 100 km ei vielä riitä toimintasäteeksi varsinkaan haja-asutusalueella, joten ST-käsikirja 41:n sivulla 86 annetulla kaavalla voidaan määrittää tarvittava tapauskohtainen latausteho.

(11)

$$P_{latauspiste} = \frac{0,2 \text{ kWh/km} \cdot S_{ajosuorite}}{t_{latausaika}}$$

Jos järjestelmässä ei ole kuormanhallintaa, tulisi vaihtosähkölatausten mitoituksen olla vähintään 3,7 kW/latauspiste (1 x 16 A + häviöt), jotta katetaan myös mahdolliset häviöt ja saadaan varmasti suurempaa vähimmäislatausta vaativat sähköautojen lataukset toimimaan myös kylmillä talvikeleillä ilman, että valtaosa energiasta kuluu akun lämpimänä pitoon latauksen toimimiseksi. (ST-käsikirja 41 2022, 89) Useamman latauspisteen kanssa kuormituksen hallinta on aina suositeltavampi ratkaisu, jolloin päästään pienemmillä mitoituksilla tehokkaampaan lopputulokseen.

Aina kun latauspisteessä on käytössä standardin SFS-EN 62196 pistoke tai pistorasiasia, eli tavanomainen Type2 latausliitäntä, on käytettävä joko B-typin vikavirtasuojaa, tai A-typin vikavirtasuojaa ja soveltuvia laitteita, jotka varmistavat poislyöntikennän tasasähkö vikavirran ylittäessä 6 mA. Standardin SFS 6000 mukaan jokainen latauspiste pitää olla suojattuna vähintään A-typin 30 mA vikavirtasuojalla pois lukien sähköisellä erotuksella suojatut piirit. Useasti latauspisteissä on sisäänrakennettuna jo suoraan B-typin vikavirtasuojaa, jolloin erillisiä vikavirtasuojia ei enää tarvita. Jos tätä löydy, tai se ei täytä voimassa olevia standardeja, on latausasema varustettava lisäksi ulkoisella vikavirtasuojalla. Vikavirtasuojien toiminta on testattava aina SFS 6000 mukaisesti 30 mA vikavirralla.

### 3 DOKUMENTIT

#### 3.1. Tasopiirustus

Tasopiirustukset jaetaan usein erikseen sähköpistepiirustuksiin ja johtopiirustuksiin. Varsinkin isompien kiinteistöjen osalta nämä ovat lukemisen selkeyden vuoksi jaoteltu erikseen ja kerroskohtaisesti. Yhdessä ne muodostavat tunnistettavimman osuuden koko sähkösuunnitelmasta. Sähköpistepiirustus onkin koko sähkösuunnitelman yksi keskeisimpiä osia. Siinä esitetään kiinteistön kaikkien sähköpisteiden, kuten pistorasioiden, valokatkaisijoiden, valaistus- ja sähkölaitteiden sijainnit, sekä asennustapa. ST-kortti 51.22:ssa olevasta taulukosta 2 löytyy hyvät ohjeet eri sähkökalusteiden asennuskorkeuksiin, ellei korkeuksia ole erikseen määritetty. Poikkeavat korkeudet, sekä asennustavat merkitään aina kuviin asennustyötä helpottamaan. Piirustuksessa käytetään standardoituja merkintöjä ja symboleita, jotka helpottavat muiden suunnittelijoiden, sekä sähköasentajien työtä piirustuksia lukiessa. Sähköpisteiden sijoittelu perustuu tilan käyttötarkoitukseen ja ergonomiaan, ja sen tavoitteena on varmistaa käyttäjäystävällinen ja tehokkaasti toimiva sähköjärjestelmä.

## TAULUKKO 2. Sähköpisteiden asennuskorkeudet (ST 51.22 2013, 2)

Asennuskorkeudet yleensä	Lattiasta mm
<b>Ohjauspisteet</b>	
Kytkimet yms.	1000
Termostaatit, mekinantokojeet yms.	1400
Palohälytyspainike	1700
Ilmanvaihdon hätäpysäytyspainike	1700 tai palohälytyspainikkeen yläpuolella 1900
<b>Pistorasiat, telepisteet</b>	
Asuinhuoneet	200
Pesu- ja kylpyhuone (tapa 1)	800 tai 1000
Pesu- ja kylpyhuone (tapa 2)	1700
Pesu- ja kylpyhuone, kodinkoneasennusten niin vaatiessa, esim. "pesutorni"	1900
Siivous	1000 tai 1800
Porrashuone, kellarikäytävä	1800
Parveke, (tapa 1)	300
Parveke (tapa 2)	1700
Keittiön työpöytä	1000 tai 1200
Astianpesukone (viereisessä kaapissa)	300
Kylmäkaappiyhdistelmä	2200
Liesituuletin	1800
Lieden pistorasia, liitännärasia tai keittiön pistorasiaryhmän jakorasias lieden takana	300
Mikroaaltouuni	Kalustopiirustuksen mukaan, usein työtason yläpuolella olevassa kaapissa, h = 1600
Seinä-tv	1900–2100 tai kalustopiirustuksen mukaan
Soittokello	2200
<b>Seinävalopisteet</b>	
Kylpyhuoneen ja WC:n peilivalaisin, kiinteä liitännä (Peilin päällä)	1900
(Peilin sivulla)	1700
Peilikaapin liitännä	Kalustopiirustuksen mukaan
Kaapistot matalalla (työtaso 850 mm)	
Keittiön työtasovalaisin	1300
Keittiön yläkaapin alareunaan sijoitettava valaisin	1300
Kaapistot korkealla (työtaso 900 mm)	
Keittiön työtasovalaisin	1380
Keittiön yläkaapin alareunaan sijoitettava valaisin	1400
<b>Jakorasiat</b>	2200 tai katossa

Sähköpistepiirustukset tai erilliset johtopiirustukset sisältävät myös tiedot kaapeloinnista ja kytkennöistä. Tiedoista tulee selvittää, montako johdinta sisältävää kaapelia tulee kulloinkin käyttää, sekä johtimien paksuus. Kaapeloinnin piirrotapa myös kertoo sen, tuleeko kaapelointi uppo- vai pinta asenteisena. Piirustuksessa on tärkeää osoittaa mistä johdin saa virtansa ja se, mitkä laitteet siihen ovat kytkettyinä. Kytkentöjä helpottamaan merkitään piirustuksiin myös eri kytkentäryhmät. Näin tasopiirustukset toimivat työkaluna sekä asennuksen, että korjaus ja huoltotoimien aikana.

Sähköpisteitä suunnitellessa tulee huomioida aina käyttötarkoitukset ja tulevat mahdolliset kuormitukset. Tietyt käyttötarkoitukseltaan ennalta määritellyt sähköpisteet, kuten jääkaapin ja pakastimen pistorasiat vaativat omat valmiutensa jo aikaisin suunnitteluvaiheessa. Hyvänä yleisohjeena voidaan käyttää suunnittelussa yhdelle johtimelle tulevan maksimissaan kymmenen sähköpistettä. Määrää tärkeämpänä tekijänä on toki itse varsinainen virran kulutus, joten etukäteen tehty arvio mahdollisista sähkölaite sijoituksista on suunnittelussa tärkeä. Tätä tehdessä on hyvä etukäteen myös pyrkiä tasaamaan virrankulutusta kaikkien kolmen eri vaiheen välille tasaisesti, eikä kuormittaa vain yhtä vaihetta.

### **3.2. Asemapiirustus**

Asemapiirustuksessa esitetään mittakaavassa kaikki sähköpisteet, sekä kaapeloinnit, jotka tulevat ulkotiloihin tontilla. Asemapiirustus tehdään yleensä arkkitehdin tai pihasuunnittelijan laatiman suunnitelman pohjalta. Se on oleellinen osa sähkösuunnitelmaa ja siinä kuvataan tontin sähköliittymät, maakaapeloinnit, ulkovalaistus sekä mahdolliset erikoiskohteet, kuten auton lämmityspisteet ja sähköauton latauspisteet. Piirustus antaa selkeän kokonaiskuvan kaikista sähkönsyötöistä tontin rajojen sisällä. Jos työt alkavat maatoiden osalta tontilla aikaisin, tarvitaan usein myös erillinen putkituskuva tuleville maakaapeleille.

Asemapiirustukseen merkitään kaikki ilmajohdot, sekä maan alle kaivetut kaapelit ja putket, jotta ne voidaan tarkasti löytää myöhemmässä vaiheessa. Maadoituselektrodi, joka kiertää rakennusta, on selkein esittää asemapiirustuksen avulla. Asemapiirustuksessa esitettävät pää- mittaus- ja ryhmäkeskukset ovat myös helposti löydettävissä tontilta niiden sijainnin ollessa merkittynä yhdellä dokumentilla. Suunnitelmassa huomioidaan myös turvallisuus, kuten kaapeleiden etäisyydet muista ja suojaputkien käyttö. Lisäksi huomioidaan mahdolliset varaukset ja laajennusvarat, kuten tilavaraukset tuleville latauspisteille tai muille sähkölaitteille.

Myös ulkovalaistukseen liittyvät osat ovat mahdollisesti pitkien välimatkojen ja etäisyyksien vuoksi selkeintä esittää asemapiirustuksessa. Näin ulkovalaistus ryhmittäminen saadaan myös esitettyä kokonaisuudessaan yhdellä ja samalla

tasokuvalla. Huolellisesti tehty asemapiirustus toimii tärkeänä työväliseinä rakennustyön toteutusvaiheessa eri urakoitsijoiden apuväliseinä. Lisäksi se mahdollistaa myöhemmässä vaiheessa vuosienkin päästä huoltotyöt ja varmistaa sähköjärjestelmän tehokkuuden, sekä turvallisuuden niin huoltotoimissa, että asumisessa.

### 3.3. Keskuskaavio

Keskuskaaviossa kuvataan jakokeskusten rakennetta. Siitä selviää keskuksen toiminta, sekä keskuksen kaikkien eri komponenttien kytkennät. Kaavio antaa tarkan näkymän siitä, miten sähkö jakautuu keskukselta tai sen sisällä. Keskuskaavio on tärkeä osa sähkösuunnitelmaa ja välttämätön työkalu asentajille, suunnittelijoille, sekä myöhempiä huoltoja ja lisäyksiä silmällä pitäen. Kaavio mahdollistaa järjestelmän laajentamisen myöhemmässä vaiheessa, sen kuvatessa järjestelmän nykytilan. Mahdolliset lisäykset ja muutokset myöhemmissä käyttövaiheissa tulisivat aina kirjata mahdollisimman tarkasti ylös ja pitää keskuskaavio aina ajan tasalla. Tämä takaa turvallisuuden kenen tahansa muutoksia tai lisäyksiä tehdessä.

Keskuskaaviossa esitetään selkeästi, miten sähkö liittyy keskukseseen, sekä liittymän liittymispiste ja pääkytkimet. Myös syöttökaapelin mitoitus, sekä suojaukset kuvataan kaaviossa. Kaaviossa esitetään yksityiskohtaisesti kaikki keskuksen sisältä löytyvät komponentit, kuten pää- ja ryhmäkytkimet, energiamittarit, sulakkeet, johdonsuojakatkaisijat, vikavirtasuojakytkimet, sekä erilaiset apulaitteet ja väylälaitteet. Eri ryhmien numeroinnit, sulakekoot ja lähtevien, sekä saapuvien kaapelien tyypit tulee esittää selkeästi. Jokaiselle ryhmälle merkitään sen käyttökohteet lyhyesti kuvattuna. Tämä helpottaa käytön aikaista vianetsintää ja vian paikallistamista huomattavasti. Keskuskaavio osoittaa myös järjestelmän suojauksien toiminnan. Siitä selviää miten oikosulku, sekä vikavirtasuojaukset ovat toteutettu ja ryhmitelty.

Myös viittaukset eri toimilaitteiden piirikaavioihin tulee merkitä keskuskaavioon ja itse piirikaaviot eri toimilaitteiden osalta tulee olla keskuskaavion yhteydessä.

### 3.4. Maadoituskaavio

Maadoituskaaviossa esitetään miten kiinteistön sähköjärjestelmän maadoitus, sekä potentiaalintasauskytkennät ovat tehty. Nämä ovat sähköturvallisuuden kannalta erittäin tärkeä osa sähkösuunnittelua. Oikein toteutetun maadoituksen tarkoituksena on rajoittaa kosketusjännitettä oikosulkuilanteessa ja estää henkilövahingot. Oikein mitoitettuna se takaa suojalaitteiden oikea-aikaisen toiminnan. Maadoituksella myös estetään muut henkilö, eläin, sekä laitevauriot estämällä mahdolliset vuotovirrat, kipinät ja mahdolliset valokaaritulanteet. Potentiaalintasaus myös vähentää häiriöitä eri sähkölaitteissa ja niiden välillä.

Maadoituskaaviossa kuvataan selkeästi miten eri osat rakennuksesta ja sähköjärjestelmästä on liitetty potentiaalintasauskiskoon. Se sisältää tiedot maadoituselektrodeista, kuten kuparisista maadoituselektrodeista tai teräksisistä betoni-raudoituksista, sekä niiden sijainnista suhteessa muihin kiinteistön sähkökomponentteihin. Kaaviossa osoitetaan potentiaalintasausjärjestelmä kokonaisuudessaan ja se, miten se yhdistyy erilaisiin kiinteistön johtaviin rakenteisiin, kuten rakennuksen runkoon, ilmastointiputkiin, sekä vesiputkistoon mittareineen. Kaaviossa esitetään myös tiedot kaikista johdotuksista, sekä niiden poikkipinta-aloista. Myös keskuksista löytyvät maadoituselektrodit, sekä pääpotentiaalintasauskiskot tulee olla merkittyinä sijainteineen. Hyvänä yleisohjeena on, että kaikki isommat johtavat osat olisi hyvä liittää potentiaalintasaukseen, mikäli se on helposti toteutettavissa.

### 3.5. Valaisinluettelo

Valaisinluettelossa on esitettynä kohteen kaikki valaistusratkaisut järjestelmällisesti luettelomuodossa. Se sisältää tiedot kaikista kohteeseen suunnitelluista valaisimista, kuten niiden tyypit, asennuspaikat, sekä tekniset ominaisuudet. Luettelo suunnittelun luoma apuväline sähköurakoitsijoille, sekä hankinnoista vastaaville. Sen avulla saadaan tilattua oikea määrä oikeanlaisia valaisimia. Luettelon

avulla oikeat valaisimet saadaan kohdennettua oikeaan tilaan ja asennettua oikein.

Valaisinluettelossa määritetään jokaiselle valaisimelle valaisinpositio, jolle löytyy vastine aina tasopiirustuksista. Näin tasopiirustuksien kanssa käytettynä urakoitsijoiden on helppo kohdentaa oikea tuote jokaiseen tilaan. Lisäksi luettelossa on valaisimista lueteltu usein teknisiä tietoja kuten merkki ja tarkka malli, sähkönumero, valonlähteen tyyppi, valovirta, värilämpötila ja valaisimen teho. Lisäksi erikoismaininnat kuten IP-luokitukset, väylä yhteensopivuudet, asennusreiän halkaisija, upotussyvyys ja himmennysominaisuudet on usein mainittu luettelossa. Näin on helppo varmistua siitä, että valaisin sopii suunnitellulle asennuspaikallensa ja käyttötarkoitukseensa.

Valaisinluettelosta on hyötyä myös myöhemmässä vaiheessa käytön aikana. Luettelon avulla voidaan suunnitella ja seurata tulevia huoltotarpeita, sekä uusia hankintoja valaisimien tai valonlähteiden elinkaaren tullessa päähänsä. Luetteloa voi myös hyödyntää silloin, kun jonkin tilan valaisimia halutaan korvata uusilla, tai olemassa olevaa järjestelmää halutaan laajentaa.

## 4 SÄHKÖSANEERAUKSEN SUUNNITELMAT

### 4.1. Lähtötilanteen kartoitus

Työssä ensimmäiseksi lähdettiin selvittämään, mitä dokumentteja tai piirustuksia kohteesta oli olemassa ennestään. Lähtötilanteeksi tuli se, että suunnitelmat olivat olemassa ainoastaan vuonna 2001 tehdyn laajennuksen, sekä uusimpien piharakennusten osalta. Alkuperäisestä rakennuksesta tai sen sähköistyksestä ei ollut enää olemassa tallessa mitään dokumentteja. Liikkeelle jouduttiin siis lähtemään niin sanotusti puhtaalta pöydältä. Rakennuksen alkuperäisen siiven osalta, johon modernisointi toteutetaan, jouduttiin aluksi luomaan Cadmatic-ohjelmalla rakennuspiirustukset mittausten ja uudistuksen suunnitelmien pohjalta. Seuraavaksi käytiin läpi paikan päällä kaikki olemassa olevat sähköasennukset ja selvitettiin, onko niistä apua uudessa järjestelmässä. Laajennusosan sähköihin ei puututtu saneerauksen koskiessa vain alkuperäistä päärakennusta.

Valtaosa päärakennuksen olemassa olevista sähköasennuksista oli toteutettu pinta-asenteisina ja modernisoinnin yhteydessä kaikki asennukset ja kaapeloinnit haluttiin piiloon rakenteiden sisään. Tämän vuoksi päädyttiin ratkaisuun, jossa kaikki olemassa olevat sähköasennukset päädyttiin purkamaan pois ja korvaamaan uudella. Näin voitiin varmistua suojalaitteiden toiminnasta, sekä kaapelointien kuormitusten kestosta ja varmistaa rakennuksen turvallinen käyttö kaikissa tilanteissa.

Rakennuksesta luotuun pohjakuvaan tehtiin aluksi rakennuksen omistajien kanssa piirtäen uudet sähköpisteet kytkimille, pistorasioille, sekä valaistukselle. Nämä suunnitelmat sitten piirrettiin Cadmatic-ohjelmalla puhtaaksi jo tehtyä rakennuspiirustusta pohjana käyttäen. Kiinteistön omistajien kanssa käytiin myös läpi toiveet käytön ja valaistuksen kannalta, sekä tulevat laajennukset ja niiden vaatimukset sähkön käytön osalta. Valaistus haluttiin moderniksi ja tehokkaaksi, mutta säilyttäen kodikkuus ja viihtyvyys. Tuleville lisärakennuksille ja laajennuksille suunniteltiin myös varaukset tulevaan keskukseen.

Sähkö saneerauksen yhteydessä uusittavaksi tuli myös pääkeskus, joka toimii samalla kiinteistön mittakeskuksena. Vanha pääkeskus oli jo ennestään laajennettu useaan otteeseen ja keskuksen järkevä maksimikapasiteetti oli jo ylitetty. Lisäksi laajennusten vaihtelevan asennustavan seurauksena käyttäjäturvallisuus oli huono. Keskus päädyttiin uusimaan ja tilalle hankkimaan uusi moderni pääkeskus. Jo modernit ja ajan tasalla olevat osat kiinteistöstä saatiin myös uuden keskuksen osalta näin liitettävä järkevämmiin omille lähdöilleen.

#### 4.2. Laskelmat ja mitoitukset

Suunnittelutyö aloitettiin kohteen virrankulutuksen arvioinnilla ja suunnittelemalla eri pistorasiaryhmien jako tasaisesti eri vaiheille, jotta kuormitus jakautuisi tasaisesti kaikkien kolmen vaiheen välille. ST-kortti 13.31 olevien sähkölaitekohtaisien esimerkkiarvojen avulla kohteelle saatiin arvioitua todenmukainen ja melko hyvä arvio todellisesta huipputehosta. Tätä käytettiin myös kiinteistön huippuvirran laskennassa. Mitoitavaksi huipputehoksi saatiin laskennassa 10kW. Kiinteistön sähkökuormiksi laskettiin ilmalämpöpumppu, jääkaappi, keittiökojeet, lattialämmitykset, valaistukset, pieni lämminvesivaraaja, sekä satunnaiset pistorasiakuormat. Huipputehon avulla laskettiin mitoitusvirta sijoittamalla arvot mitoitusvirran kaavaan.

$$I = \frac{10\,000\text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 400\text{ V} \cdot 0,95} = 15,19\text{ A}$$

Liittymän pääsulakkeiden koko on ennestään jo 25A, joten se tulee jatkossakin riittämään varsin hienosti, vaikka kulutus tuleekin nousemaan hieman saneerauksen myötä. Myös mahdolliselle sähköauton lataukselle riittää komeasti kapasiteettia. Pääkeskuksella yksivaiheinen oikosulkuvirta on vähintään 180 ampeeria alueen sähköverkkoa hallitsevan Elenian mukaan, kun tiedetään, että kyseessä on haja-asutus alue. Tämän perusteella laskettiin verkon impedanssi.

$$Z_v = \frac{0,95 \cdot 400\text{ V}}{\sqrt{3} \cdot 180\text{ A}} \approx 1,219\ \Omega$$

Tämän jälkeen selvitettiin eri johtimien impedanssit, joita asennuksissa käytetään. Käytettävänä johdin vahvuuksina saneerauksessa olivat perinteiset 1,5 mm<sup>2</sup> ja 2,5 mm<sup>2</sup> kaapelit. Eri kaapelivalmistajilla on tarjolla usein kaapeleille omat tarkat mitatut resistanssit ja induktanssit, mutta laskennassa käytettiin tällä kertaa likimääräisiä taulukkoarvoja, kun käytettävä kaapeli ei vielä ollut tiedossa suunnitteluvaiheessa.

Saneerauksessa ei tulla ryhmäkeskuksia lisäämään ja päärakennuksen sähköjakelun hoitaa pääkeskus. Kiinteistöllä sijaitsee ennestään ryhmäkeskukset aitalalla, sekä rantasaunalla. Näille keskuksille on jo nousukaapelit asennettu eikä näihin tulla tämän saneerauksen yhteydessä muutoksia tekemään. Keskuksilla vaikuttavat impedanssit toki voidaan laskemalla selvittää.

Nousukaapeli rantasaunalle on mitaltaan noin 20 metriä ja kaapeli on muutama vuosi sitten asennettu. Kyseessä oli kiinteistön pisin sähköreitti, joten sen osalta oli hyvä varmistaa myös suojauksen toiminta viimeisessä silmukassa. Nousukaapelina on käytetty 4 x 6 mm<sup>2</sup> paksuista täyskuparista MCMK-tyypin kaapelia. Ryhmäkeskuksella vaikuttava impedanssi saadaan laskettua käyttämällä kaavaa 6. Kaapelin tarkempien tietojen puuttuessa turvauduttiin laskennassa resistanssin osalta taulukkoarvoihin.

$$Z_r = 1,219 \Omega + 2 \cdot 0,02 \text{ km} \cdot 3,66 \frac{\Omega}{\text{km}} = 1,3654 \Omega$$

TAULUKKO 3. Johtimien likimääräiset impedanssit (Tiainen 2022, 91)

Johtimien poikkipinta A/mm <sup>2</sup>	Kupari			Alumiini		
	Resistanssi r	Reaktanssi x	Impedanssi z	Resistanssi r	Reaktanssi x	Impedanssi z
4 x 1,5	14,620	0,115	14,620			
4 x 2,5	8,770	0,110	8,770			
4 x 4	5,480	0,107	5,480			
4 x 6	3,660	0,100	3,660			
4 x 10	2,244	0,094	2,246			
4 x 16	1,415	0,090	1,418	2,324	0,090	2,326
4 x 25	0,898	0,086	0,902	1,4889	0,086	1,492
4 x 35	0,652	0,083	0,657	1,086	0,083	1,089
4 x 50	0,482	0,083	0,489	0,796	0,083	0,800
4 x 70	0,336	0,082	0,346	0,551	0,082	0,577
4 x 95	0,244	0,082	0,257	0,398	0,082	0,406
4 x 120	0,195	0,080	0,211	0,316	0,080	0,326
4 x 150	0,155	0,080	0,174	0,258	0,080	0,270
4 x 185	0,125	0,080	0,148	0,207	0,080	0,222
4 x 240	0,095	0,079	0,124	0,162	0,079	0,180
4 x 300	0,078	0,079	0,111	0,133	0,079	0,155

Kun ryhmäkeskuksella vaikuttava impedanssi tiedetään, voitiin sen avulla laskea ryhmäkeskuksen oikosulkuvirta. Tämä saadaan käyttämällä kaavaa 7.

$$I_k = \frac{0,95 \cdot 400 V}{\sqrt{3} \cdot 1,3654 \Omega} = 160,68 A$$

Pienin sallittu oikosulkuvirta 5 sekunnin ajassa 25 ampeerin gG-sulakkeella on 110 ampeeria, joten voidaan todeta, että automaattinen poiskytkentä toimii ryhmäkeskuksella. Tähän laskukaavaan lisättiin myös ryhmäjohtimen impedanssi, jolloin voitiin laskea myös pistorasian oikosulkuvirta. Tässä kaapelina oli 2,5 mm<sup>2</sup> kaapeli, jonka mittana oli 5 metriä. Jälleen kaapelin tarkempien tietojen puuttuessa turvaututtiin taulukkoarvoihin. Ryhmäjohtimen impedanssi laskettiin käyttämällä jälleen kaavaa 5

$$Z_n = 2 \cdot 0,005 km \cdot 8,77 \Omega = 0,0877 \Omega$$

Ryhmäjohtimen impedanssi laskettiin yhteen ryhmäkeskuksen impedanssin kanssa ja näin saatiin ryhmäjohtimen oikosulkuvirta.

$$I_k = \frac{0,95 \cdot 400 V}{\sqrt{3} \cdot (1,3654 \Omega + 0,0877 \Omega)} = 150,98 A$$

Lopputuloksena saatiin oikosulkuvirraksi 150 ampeeria. 16 ampeerin C-tyyppin johdonsuojakatkaisijalle ilmoitettu minimi toimintavirta on 160 ampeeria, joka ei toteudu tässä tapauksessa. Johdonsuojakatkaisijana onkin käytetty ryhmäkeskuksessa 16 ampeerin B-tyyppin johdonsuojakatkaisijaa. Tällä minimi toimintavirta on 80 ampeeria, joka toteutuu hienosti.

Saneeraus koskee kuitenkin päärakennusta, jossa pääkeskus on ja kaikki uudet kaapeloinnit tullaan tekemään pääkeskuksesta. Päärakennuksen kaapelointien osalta laskuissa ei huomioida saunarakennuksen ryhmäkeskusta, vaan käytetään perustana pääkeskuksen oikosulkuvirtaa ryhmäkaapelointien oikosulkuvirtoja laskiessa. Pääkeskuksella oikosulkuvirta oli 180 ampeeria ja impedanssi ennen suojalaitetta on 1,219 ohmia. Tämän avulla voidaan laskea pisimmät sallitut ryhmäjohtimien pituudet käyttäen apuna kaavaa 8. Eri kaapelien maksimipituudet laskettiin C ja B-tyyppin johdonsuojakatkaisijoille sekä 10, että 16 ampeerin arvoilla.

Ensimmäiseksi laskettiin C10 ja B10 tyyppin johdonsuojakatkaisijoiden kaapelien maksimipituudet. 10 ampeerin suojiensa kanssa käytössä on 1,5 mm<sup>2</sup> kuparikaapeli, jonka impedanssi otettiin taulukkoarvona tarkemman tiedon puuttuessa. Taulukkoarvo kyseiselle kaapelille oli 14,62 ohmia/km. Pienimmät vaaditut oikosulkuvirrat johdonsuojakatkaisijoille ovat 50 A B-tyypille ja 100 A C-tyypille.

$$l = \frac{\left( \frac{0,95 \cdot 400 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot 50 \text{ A}} - 1,219 \Omega \right)}{\left( 2 \cdot 14,62 \frac{\Omega}{\text{km}} \right)} \approx 108 \text{ m}$$

$$l = \frac{\left( \frac{0,95 \cdot 400 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot 100 \text{ A}} - 1,219 \Omega \right)}{\left( 2 \cdot 14,62 \frac{\Omega}{\text{km}} \right)} \approx 33 \text{ m}$$

Vastaavat laskelmat tehtiin myös 16 ampeerin johdonsuojakatkaisijoille, joiden kanssa kaapelina käytetään 2,5 mm<sup>2</sup> kuparikaapelia. Kaapelien impedanssiarvo

on taulukkoarvona 8,77 ohmia/km ja pienimmät vaaditut oikosulkuvirrat ovat 80 A B-tyypin katkaisijalle, sekä 160 A C-tyypin katkaisijalle.

$$l = \frac{\left( \frac{0,95 \cdot 400 V}{\sqrt{3} \cdot 80 A} - 1,219 \Omega \right)}{\left( 2 \cdot 8,77 \frac{\Omega}{km} \right)} \approx 87 m$$

$$l = \frac{\left( \frac{0,95 \cdot 400 V}{\sqrt{3} \cdot 160 A} - 1,219 \Omega \right)}{\left( 2 \cdot 8,77 \frac{\Omega}{km} \right)} \approx 9 m$$

Tämän myötä tärkeimmät johdonsuojakatkaisijat, sekä kaapelikoot on laskettu ja nämä tiedot tulevat antamaan hyvän lähtökohdan suunnitteluun eri kaapelireittejä miettiessä.

Lopuksi laskettiin vielä jännitteenalenemat kaikille eri kaapelivahvuuksille käyttäen kaavaa 9. Kauimmaisat ryhmäjohdot olivat ulkopistorasiaryhmä 26 m päässä 2,5mm<sup>2</sup> kaapelilla ja tuvan valaisin 18 m päässä. Resistanssi ja reaktanssi arvoina käytettiin taulukkoarvoja taulukon 3 mukaan.

$$\Delta U = 16 A \cdot 2 \cdot 0,026 km \cdot \left( 8,77 \frac{\Omega}{km} \cdot 0,8 + 0,11 \frac{\Omega}{km} \cdot 0,6 \right) = 5,89 V$$

$$\Delta U = 10 A \cdot 2 \cdot 0,018 km \cdot \left( 14,62 \frac{\Omega}{km} \cdot 0,8 + 0,115 \frac{\Omega}{km} \cdot 0,6 \right) = 4,24 V$$

Tuloksena saatiin absoluuttiset jännitteenalenemat kummallekin kauimmalle ryhmäjohtimelle. Lopulliset suhteelliset prosenttiarvot saatiin käyttäen kaavaa 10.

$$\Delta u = 100 \cdot \frac{5,89 V}{230 V} \approx 2,6 \%$$

$$\Delta u = 100 \cdot \frac{4,24 \text{ V}}{230 \text{ V}} \approx 1,8 \%$$

Suhteellista jännitteenalenemaa päästiin nyt vertaamaan taulukon 1 suositeltuihin arvoihin ja voidaan todeta, että jännitteenalenemat ovat suositelluissa rajoissa.

### 4.3. Sähkösuunnitelmat

Suunnittelu tehtiin rakennuksen mittojen mukaan tehtyä CAD-piirustusta viitekuvana käyttäen. Kiinteistön omistajien kanssa paikan päällä mietittiin jo aikaisessa vaiheessa tarkasti eri pistorasia ja sähköpiste paikat, jotka sitten piirrettiin Cadmatic -ohjelmistossa viitekuvaan oikeille paikoilleen. Paikan päällä rakennustyömaalla vieraillessa mietittiin myös etukäteen jo tulevat tarvittavat jakorasiapaikat eri kytkinryhmiä varten paikkoihin, mihin ne oikeasti saataisiin saneerauksen yhteydessä sijoitettua. Apuna suunnittelussa käytettiin luotua huippuvirran mitoitus laiteluettelo, jonka avulla eri sähköryhmiä jaettiin kuormittamaan tasaisesti kaikkia kolmea vaihetta. Piirtäessä ja suunnitellessa eri sähkönkäyttö pisteitä käytettiin korkeuksien määrittämisessä suositeltuja taulukon 2 mittoja. Näin varmistettiin kytkimien ja pistorasioiden järkevästä sijoittelusta ja miellyttävästä käytöstä käyttäjäkunnan ollessa eri ikäisiä. Johtoreittien suunnittelu tehtiin rakennuksen ehdoilla. Aina ei ollut vanhan rakennuksen kyseessä ollessa mahdollista käyttää suoria ja helppoja reittejä, vaan paikoin oli tehtävä isoja kiertoja kaapelireiteissä. Kaikki rakennuksen kaapeloinnit toteutettiin näkymättömissä katon, sekä seinien sisällä. Kaapelireitit hahmoteltiin aluksi paperille kynällä ja ne lisättiin lopuksi suunnitelmaan cadmatic- ohjelmistossa todellisille reiteilleen. Näin saatiin todenmukaiset laskelmat luotua myös cadmatic- ohjelmiston avulla.

Pääkeskus päätettiin valita siten, että siinä on myös laajennusvaraa mahdollisia myöhempiä liitäntöjä varten. Myös lähtöpisteet olemassa oleville, sekä mahdollisille tuleville ryhmäkeskuksille vaadittiin. Sopiva keskus löytyi lopulta Enston valikoimista. Keskukseksi tuli Esteri-luokan pinta-asenteinen IP34-luokitettu 25A 1-tariffimittakeskus. Keskuksessa oli valmiina johdonsuojakatkaisijoita, sekä vikavirtasuojia, mutta näitä lisättiin tehtyjen suunnitelmien mukaan lisää keskuksen

laajennuspaikoille. Keskuksessa oli myös vakiona valmiina haja-asutus alueella tarvittavat ylijännitesuojat. Pistorasiat ja valaisimet ryhmiteltiin keskuksessa tiloitain eri johdonsuojakatkaisijoille samalla kuitenkin virrankulutus mielessä pitäen. Laitekohtaiset syötöt keskukselta, kuten jääkaappipakastin, sekä ilmalämpöpumppu saivat omat johdonsuojakatkaisijat. Muuten ryhmät jaettiin tilan, mietityn kuormituksen, sekä kappalemäärän mukaan.

Kiinteistölle piirrettiin myös karkeilla mitoilla luotu asemapiirustus, jossa eri rakennukset, ryhmäkeskukset, sekä ulkovalaistukset ovat esitettyinä. Asemapiirustukseen merkittiin myös sähköliittymän nousujohto, sekä maadoituksen maaelektrodi. Lisäksi luotiin myös maadoituskaavio.

#### **4.4. Valaistussuunnitelmat**

Valaistussuunnittelu tehtiin yhdessä omistajien kanssa kunnioittaen vanhaa rakennusta. Pääsääntöisesti valaisimet haluttiin piiloon lukuun ottamatta olohuoneen vanhaa näyttävää riippuvalaisinta. Valonlähteinä päädyttiinkin käyttämään epäsuoraa valoa, sekä upotettuja kattopintaan mahdollisimman hyvin naamioituvia upotettavia alasvaloja. Dialux- suunnittelulle ei nähty tarvetta kohteessa, vaan suunnittelu tehtiin kokemukseen pohjautuvasti. Yleisvalon todettiin riittävän varmasti kaikissa tilanteissa ja toisaalta himmennyksellä se saadaan myös toimimaan tunnelmavalauksessa. Keittiön työpinoille suunniteltiin tehokas työvalaistus LED-nauhoilla ja lisävalona myös epäsuora valaistus keittiökaappien päälle.

Yleisvalaistus oli ollut aiemmin vaatimaton ja tehoton, joten tähän haluttiin muutos. Yleisvalauksessa päädyttiin käyttämään Englannissa valmistettuja Collingwood -merkkisiä alasvaloja, joiden valonlähde on syvennyksessä. Näin valaisin ei tuota sivulle näkyvää häikäisevää valoa juuri laisinkaan. Valaisimen värinsoitinindeksiin kiinnitettiin myös huomiota, kun haluttiin, että luonnolliset puun ja kiven sävyt saadaan esittäytymään oikeissa väreissään. Lattiapintojen ja tasopintojen ollessa paljolti lämpimiä puupintoja valittiin valon värisävyksi myös lämmin 3000 kelviniä. Kyseisen valonvärin värispektri sopii puupinnoille paremmin säilyt-

täen puun luonnollisen lämpimän sävyn. Samaa valon värisävyä käytettiin pääsääntöisesti kaikessa kiinteistön valaistuksessa, jotta ristiriidoilta eri valonvärien kanssa vältyttiin. Iltakäyttöä ja tunnelmavalaitusta kuitenkin toivottiin kiinteistön omistajien toimesta, joten alasvaloiksi valittiin sellainen malli, joka valaisinta himmentäessä triac- himmennyksellä, pudottaa valotehon himmentyessä myös valon kelvin arvoa samassa suhteessa. Näin valaistuksen ollessa himmennettynä himmeimmilleen on valon värisävy myös pudonnut alkuperäisestä 3000 kelvinistä aina 1800 kelviniin.

Ulkovalaistuksessa päädyttiin hyödyntämään paljolti vanhoja valaisimia, jotka todettiin sopivan hyvin alkuperäiseen rakennuksen henkeen. Pääterassin osalta tehtiin poikkeus, jotta terassin käyttöä saatiin paremmaksi myös pimeään aikaan. Täällä päädyttiin terassin kattoon asentamaa myös alasvalot, joilla valoteho terassilla saatiin huomattavasti paremmaksi. Muutoin kiinteistön ulkovalot pysyivät ennallaan, eikä niihin tehty muutoksia. Suunnittelussa kuitenkin jätettiin varaus mahdollisille tuleville lisävaloille keittiön katkaisijoiden kanssa, jossa johtimia varattiin ylimääräisiä. Näin ollen voidaan tulevaisuudessa lisätä helposti uusia ulkovalaisinryhmiä keittiöstä käsin ohjattavaksi. Lopuksi kaikista asennettavista valaisimista koottiin tiedot valaisinluetteloon.

## 5 POHDINTA

Työssä tavoitteena oli luoda valmiit suunnitelmat ja piirustukset kiinteistön laajemman energiasaneerauksen yhteydessä tapahtuvaa sähkösaneerausta varten. Tässä onnistuttiin ja työn tuloksena syntyneiden suunnitelmien, sekä sähkötyöselostuksen avulla saneeraus toteutettiin onnistuneesti. Kaikki laskelmat käytiin läpi tarkasti, jotta voitiin varmistua käytön aikaisesta turvallisuudesta. Työn lopputuloksena syntyneellä suunnitelmalla saatiin kiinteistön sähköistyksestä nykyaikainen ja ennen kaikkea helppokäyttöinen ja turvallinen.

Työn aikana selvitettiin laajasti eri aikakausien sähköjärjestelmien yhteensopivuuksia nykyisten standardien kanssa ja todettiin, että ennen 90-lukua kiinteistöön tehdyt sähköjärjestelmät eivät juuri olleet enää nykyisten standardien mukaisia. Vanhat järjestelmät eivät aina olleet myöskään täysin turvallisia. Alkuperäinen pääkeskus esimerkiksi todettiin niin yli äyräiden laajennetuksi, että sen käyttö ei enää ollut turvallista. Kaapeloinneissa jouduttiin korvaamaan vanhoja kaapeleita laajasti niiden ollessa vailla suojamaata olevia kaapeleita. Myös päärakennuksen maadoituksia jouduttiin parantamaan.

Projektin edetessä jouduttiin suunnitelmia paikoin muokkaamaan alkuperäisten vanhojen rakenteiden estäessä jo suunniteltuja kaapelointeja. Toisaalta taas jotkin ratkaisut muuttuivat omistajien muuttaessa suunnitelmia kesken toteutuksen. Työn aikana kuitenkin tärkeimmäksi todettiin hyvät etukäteen mietityt yksityiskohtaiset suunnitelmat. Hyvillä suunnitelmilla säästettiin valtavasti aikaa ja vaivaa, kun kaikki kaapelireitit ja sähköpisteiden sijainnit tiedettiin etukäteen.

Opinnäytetyöprosessin aikana tuli perehdyttyä laajasti eri kokonaisuuksia koskeviin standardeihin ja säännöksiin. Projektin aikana jouduttiin jopa tutustumaan kansallispuistojen läheisyydessä olevia kiinteistöjä koskevaan ohjeistukseen koskien yksityisten kiinteistöjen tuottamaan valosaasteeseen. Luontokappaleita ei vahingoitettu työtä tehdessä. Moneen asiayhteyteen olisi voinut työssä perehtyä työssä huomattavasti yksityiskohtaisemminkin, mutta lopputulemana työn laajuus olisi laajentunut valtavasti. Dokumentointimäärän ollessa jo lähtökohtaisestikin valtaisa jouduttiin työssä keskittymään olennaisimpaan.

## 6 LÄHTEET

Tiainen, E. & Orrberg, M. 2020. Pienjännitesähkölaitteiston mitoitus, 2. uud. painos. Espoo: Grano Oy.

SFS 6000-1:2022. Pienjännitesähkösäennukset Osa 1. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 4.1.2025. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

Orrberg, M. & Tiainen, E. 2022. Sähkösäennukset 1, 5. uud. painos. Espoo: Grano Oy.

Laki rakennusten varustamisesta sähköajoneuvojen latauspisteillä ja latauspiste-valmiuksilla sekä automaatio- ja ohjausjärjestelmillä 29.12.2020/733. Luettu 15.2.2025. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161434>

Sähköauton latauspisteen vikavirtasuojaus. Verkkoaineisto. Sesko. Luettu 12.2.2025. <https://sesko.fi/standardointi/sahkoautot-ja-latausjarjestelmat/sahkoauton-latausaseman-vikavirtasuojaus/>

Kylpy- ja suihkutilojen sähkösäennukset. 2023b. Verkkoaineisto. Tukes. Luettu 21.1.2025. <https://tukes.fi/sahko/sahkotyot-ja-urakointi/sahkoasennusten-tekniiset-vaatimukset/kylpy-ja-suihkutilojen-sahkoasennukset>.

SFS 6000-5-52. 2022. Pienjännitesähkösäennukset osa 5-52. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 26.1.2025. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

ST-kortti 13.31. 2021. Rakennuksen sähköverkon ja liittymän mitoittaminen. Espoo: Sähköinfo Oy.

ST-kortti 51.22. 2013. Kytkimien, pistorasioiden yms. sijoitus. Espoo: Sähköinfo Oy.

ST-käsikirja 41. 2022. Sähköajoneuvot ja latausjärjestelmät. Espoo: Sähköinfo Oy.

ST-käsikirja 33. 2023. Rakennusten sähkösäennusten tarkastukset. Espoo: Sähkötieto ry.

SFS 6000-4-41:2022. Pienjännitesähkösäennukset. Osa 4–41: Suojausmenetelmät.

Suojaus sähköiskulta. 2022. Suomen Standardoimisliitto. <https://online.sfs.fi>. Luettu 15.4.2025.

Tiainen, E. 2022. D1-2022 Käsikirja rakennusten sähkösäennuksista, 29. uud. painos. Espoo: Grano Oy.