

Taneli Myllyneva

## **OMAKOTITALON SÄHKÖSUUNNITTELU**

# OMAKOTITALON SÄHKÖSUUNNITTELU

Taneli Myllyneva  
Opinnäytetyö  
Syksy 2024  
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-  
ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma, sähkötekniikka

---

Tekijä: Taneli Myllyneva

Opinnäytetyön nimi: Omakotitalon sähkösuunnittelu

Opinnäytetyön nimi englanniksi: Electrical Design of Detached House

Työn ohjaaja: Ismo Pitkänen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2024

Sivumäärä: 36

---

Tämän opinnäytetyön aiheena oli uudisrakennuksen sähkösuunnittelu. Kohteena oli kaksikerroksinen puurakenteinen omakotitalo, jossa on lämmitysmuotona maalämpö. Työssä tehtiin tavallisten laskelmien ja suunnitelmapiirustusten lisäksi valaistussuunnittelu DIALux-valaistussuunnitteluohjelmaa hyödyntäen. Valaistuksenohjaus suunniteltiin toteutettavaksi Plejd-valaistuksenohjausjärjestelmällä. Plejd-järjestelmään ja sen käyttöönottoon perehdyttiin työn loppupuolella.

Suunnitelmapiirustuksia ei näytetä kokonaisuudessaan tässä opinnäytetyössä. Suunnittelun tukena käytettiin sähköalan määräyksiä ja standardeja. Tarkoituksena on, että tästä työstä saisi suuntaa tarvittavien ohjeiden löytämiseen suunnittelua varten.

Työn tuloksena saatiin toteutuskelpoiset sähkösuunnitelmat sähköurakointia varten. Valaistus-suunnitelma antoi hyvän visuaalisen kuvan suunnitelluista valaistuksista ja vastasi lopputulosta hienosti. Lisäksi tämä työn pohjalta voidaan toteuttaa vastaavia suunnittelutöitä myös jatkossa.

---

Asiasanat: Sähkösuunnittelu, valaistussuunnittelu, omakotitalo

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	5
2	SÄHKÖSUUNNITTELUN ALOITTAMINEN .....	6
3	SÄHKÖLIITTYMÄ .....	7
3.1	Huipputehon mitoitus .....	7
3.2	Liittymisjohto .....	8
3.3	Sähköasemapiirustus .....	9
3.4	Vikasuojaus ja jännitteenalenema .....	11
4	SÄHKÖSUUNNITELMA .....	17
4.1	Tasopiirustus .....	17
4.2	Keskukset .....	18
4.3	Yleiskaapelointi- ja antennijärjestelmä .....	19
4.4	Aurinkoenergia .....	20
4.5	Sähköauton lataus .....	20
4.6	Lämmitys .....	21
5	VALAISTUSSUUNNITTELU .....	22
5.1	Valo ja valaistus (suureet, käsitteet) .....	23
5.2	DIALux .....	23
5.3	3D-mallinnus .....	24
5.4	Valaisimien valinta ja sijoittelu .....	24
5.5	Valaistuslaskelma .....	25
6	PLEJD-VALAISTUKSENOHJAUSJÄRJESTELMÄ .....	28
6.1	PLEJD-järjestelmä .....	28
6.2	Kommunikointi ja MESH-verkot .....	29
6.3	Sovellus ja käyttöönotto .....	29
7	YHTEENVETO .....	33
	LÄHTEET .....	34

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyö käsittelee nykyaikaisen uudisrakennuksen sähkösuunnittelua. Suunniteltavana kohteena on Oulun Pateniemen kaupunginosaan rakennettava kaksikerroksinen omakotitalo. Kerrosalaltaan 149 m<sup>2</sup>:n asuinrakennukseen on yhdistetty varasto ja autokatos. Lämmitysmuotona kohteessa on maalämpö vesikiertoisella lattialämmityksellä. Kohteen rakentaa Rakennuspalvelu Jopera Oy ja sähkösuunnittelun sekä -urakoinnin tekee Oulun Sähkötek Oy.

Suunnittelussa mitoitetaan sähköliittymä ja luodaan dokumentit sähköurakointia varten. Vikasuojauksen toimiminen tarkistetaan laskelmin. Valaistussuunnittelu tehdään DIALux-ohjelmistolla ja 3D-mallinnetaan rakennus valaistuksen visualisointia varten. Valaistuksen ohjaus suunnitellaan tehtäväksi Plejd-järjestelmällä.

Asemapiirustuksen ja tasopiirustuksien lisäksi suunnitellaan keskuskaaviot. Suunnitelmapiirustuksista näytetään tässä työssä ainoastaan rajattuja kuvakaappauksia. Yleiskaapelointi- ja antennijärjestelmistä ei tehdä erikseen suunnitelmia ja kaavioita, vaan tarvittavat tiedot järjestelmistä merkitään tasopiirustuksiin. Aurinkosähköjärjestelmälle ja sähköauton lataukselle suunnitellaan varaukset tulevaisuutta varten.

Sähkösuunnitteluun käytetään CADMATIC Electrical -ohjelmistoa ja valaistussuunnitteluun DIALux-valaistussuunnitteluohjelmistoa. Työssä tarkastellaan ensin uudisrakennuksen sähkösuunnittelua laskelmien ja suunnitelmapiirustusten osalta. Sen jälkeen siirrytään käsittelemään valaistussuunnittelua ja DIALux-ohjelman käyttöä. Lopuksi perehdytään Plejd-valaistuksenohjausjärjestelmään ja sen toimintaperiaatteisiin sekä käyttöönottoon.

## 2 SÄHKÖSUUNNITTELUN ALOITTAMINEN

Sähkösuunnittelussa pyritään ratkaisemaan sähköasennusten käytännön vaatimukset esimerkiksi valaistus- ja lämmitysjärjestelmien osalta. Lisäksi ratkaistaan turvallisuuteen liittyvät seikat, kuten laitteiden sijoittaminen ja suojaukset. Suunnitelmien perusteella tehtyjen sähköasennusten tulee olla turvallisia ja määräysten mukaisia. (1.)

Ennen sähkösuunnittelun aloittamista täytyy suunnittelusta tehdä sopimus työn tilaajan kanssa. Sopimuksessa määritetään suunnitteluun kuuluvat asiat ja käytännöt. Suunniteltavat järjestelmät ja niihin liittyvät piirustukset ja laskelmat kannattaa kirjata sopimukseen selkeästi. Myös palaverien ja muutoskierrosten määrä on hyvä linjata sopimuksessa.

Esimerkkikohteesta Oulun Sähkötek Oy:n urakkaan kuului kokonaisvaltainen sähköurakointi sekä sähkösuunnittelu. Työn tilauksesta oli vain muutama viikko maatoiden aloitukseen, joten alussa keskityttiin erityisesti sähköliittymän mitoitukseen ja aluekaapelointiin.

Sähkösuunnittelu aloitettiin tutustumalla arkkitehtipiirustuksiin sekä rakennustapaselostukseen, jotta saatiin kokonaiskuva työn kohteesta. Asiakkaaseen otettiin yhteys heti projektin alussa ja käytiin läpi aluekaapelointiin liittyvät asiat.

### 3 SÄHKÖLIITTYMÄ

Yksi keskeisimmistä asioista rakennusten sähkösuunnittelussa on sähköverkon ja -liittymän mitoittaminen. Sähköverkon ja -liittymän tarkalla mitoituksella ja riittäväällä varautumisella tulevaisuuden tarpeisiin voidaan pitää huolta, etteivät ne rajoita liikaa rakennuksen käyttöä. Samalla voidaan säävuttaa kohtuulliset rakennuskustannukset, kun sähköverkkoa ei tarvitse ylimitoittaa varmuuden vuoksi. (2, s. 1.)

#### 3.1 Huipputehon mitoitus

Rakennuksen sähköjärjestelmän suurin teho ei saisi ylittää verkonhaltijan kanssa sovittua sähköliittymän nimelliskokoa edes hetkellisesti. Huipputeho arvioidaan laskemalla tunnetut sähkökuormat ja hyödyntämällä kokemusperäisiä laskentamalleja. (2, s. 1.)

Asuinrakennuksen huipputehon määrittämisessä voidaan kohtuullisen vakioina pysyvien peruskuormien takia käyttää yleensä valmiita kaavoja. Asuinrakennuksen tai -huoneiston peruskuormaan kuuluu eri sähkökojeryhmien tehon tarve sekä sähkölämmitys- ja valaistuskuormat. (2, s. 4.)

Kohteena olevan rakennuksen huipputehon arviointiin käytettiin ST-kortissa 13.31 esitettyä kokemusperäistä laskentamallia (kaava 1). Sähköauton lataamisessa varauduttiin täysin dynaamiseen kuormanhallintaan, joten sen vaikutusta huipputehoon ei huomioitu. Dynaamisella kuormanhallinnalla varustettu latausasema mittaa kiinteistön kuluttamaa sähkötehoa ja säätää omaa tehoa muun kuormituksen mukaan. Poreammeen sähköteho sen sijaan huomioitiin mitoituksessa ja lisättiin huipputehoon (kaava 2).

$$Ph = 7,5 + 64 \times A / 1000$$

KAAVA 1

$Ph$  = rakennuksen huipputeho (kW)

$A$  = lämmitettävä pinta-ala (m<sup>2</sup>)

$$Ph = 7,5 + 64 \times 155/1000 = 17,42 \text{ kW}$$

$$Ph = 17,42 \text{ kW}$$

$$P_h = 17,42 \text{ kW} + 9 \text{ kW} = 26,42 \text{ kW}$$

KAAVA 2

Huipputehon selvittämisen jälkeen saadaan ratkaistua liittymän huippuvirta kaavalla 3.

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

KAAVA 3

$I$  = liittymän huippuvirta (A)

$P$  = rakennuksen huipputeho (kW)

$U$  = pääjännite (V)

$\cos \varphi$  = tehokerroin

$$I = \frac{26,42 \text{ kW}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 0,96} = 39,7 \text{ A}$$

Käytetyssä kaavassa lasketaan liittymän huipputehoa ja -virtaa asuinrakennukseen, jossa lämmitysuoatona on suora sähkölämmitys. Kohteeseen suunnitellun maalämpöpumpun sähkövastukset käyttävät kovimmillakin pakkasilla enintään 6 kW sähkötehoa, joka on merkittävästi vähemmän suoran sähkölämmityksen tehoon verrattuna. Sähkökiuas ja poreamme aiheuttavat kuitenkin sen verran kovan yhtäaikaisen sähköntarpeen, että sähköliittymäksi valittiin 3x35 A:n liittymä.

### 3.2 Liittymisjohto

Liittymisjohdon valintaan vaikuttavat useat eri tekijät. Määräykset ja standardit asettavat vaatimukset johdon kuormitettavuudelle, suojaushtojen toteutumiselle ja jännitteenalenemalle. Lisäksi jakeluverkkoyhtiöllä on omat suosituksensa tai vaatimuksensa liittymisjohdon suhteen. (2, s. 14.)

Oulun Energian sähköliittymän rakentamiseen liittyvissä ohjeissa suositellaan, että kaapelityypiksi valitaan PEX-eristeinen alumiinikaapeli AXMK ja maksimissaan 3x63 A:n liittymissä poikkipinta-alaksi 25 mm<sup>2</sup> (3, s. 10).

### 3.3 Sähköasemapiirustus

Rakennusten sijainnit tontilla esitetään asemapiirustuksessa. Sähköasemapiirustukseen merkitään tontille tehtävät asennukset. Piirustukseen piirretään esimerkiksi pihavalaisimet ja sähkökeskukset sekä kaikki maakaapeloinnit, maadoituselektrodit sekä putkitukset laitteiden ja rakennuksien välillä. Asemapiirustusta laatiessa tulee kuvata laitteiden paikat sekä kaapelireitit mahdollisimman tarkasti, koska ulkoalueen sähköistykset ilmenevät usein ainoastaan asemapiirustuksessa. (4, s. 6.)

Tyypillisesti pientaloon voidaan suunnitella tontti- eli mittauskeskus talousrakennuksen yhteyteen yleensä ulkoseinälle ja ryhmäkeskus asuinrakennukseen. Tonttikeskus voidaan asentaa lähelle lopullista paikkaansa työmaan alkuvaiheessa ja hyödyntää sitä työmaasähköä varten. Myös tulevaisuudessa sähköasennusten lisääminen piha-alueelle on helppoa maassa seisovan tonttikeskuksen ansiosta.

Toinen vaihtoehto on suunnitella sähköjärjestelmä yhdellä asuinrakennukseen sijoitettavalla mittauskeskuksella. Tällöin rakentamisen aikana tarvittavaa sähköä varten täytyy hankkia väliaikainen työmaakeskus, jonka tilalle lopullinen mittauskeskus vaihdetaan. Työmaakeskuksen vuokrauskustannuksien vuoksi nykyään päädytään usein tonttikeskuksen hankintaan (kuva 1).

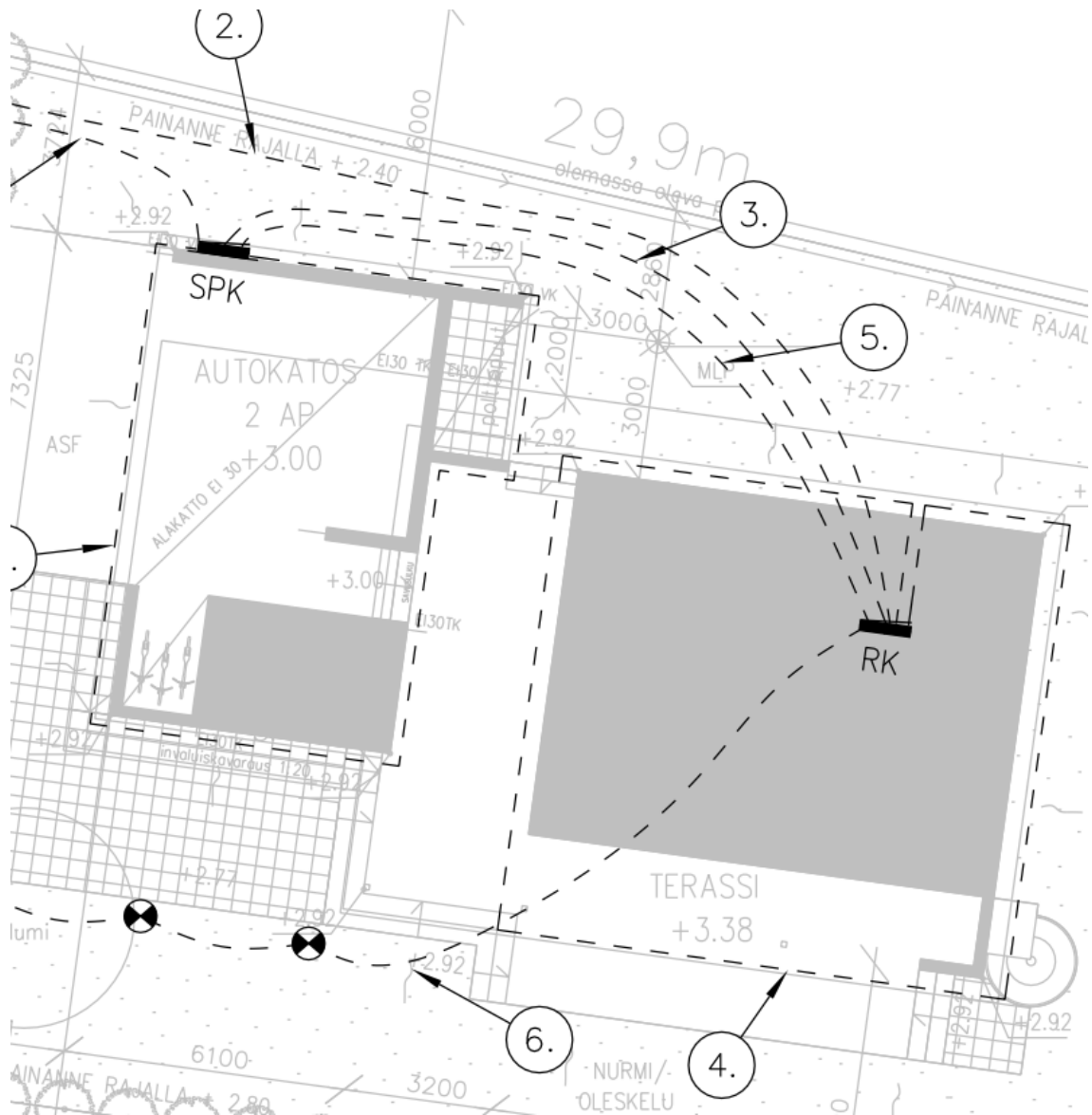


KUVA 1. ABB:n mittauskeskus. (5.)

Ryhmäkeskuksen paikka mietitään arkkitehdin ja tilaajan kanssa. Usein asuinrakennuksessa on jonkinlainen tekninen tila, johon keskus on luontevaa asentaa. Asemapiirustukseen merkitään myös ryhmäkeskuksen paikka tarkasti.

Liittymiskaapelin lisäksi asemapiirustukseen piirretään muut tarvittavat kaapelit (kuva 2). Mittaus- ja ryhmäkeskuksen väliin mitoitetaan nousukaapeli sekä mahdolliset ohjauskaapelit. Lisäksi suunnitellaan maadoitukset sekä pihavalaistusta ja piharakennuksia varten tarvittavat kaapeloinnit. LVI-suunnitelmista tarkistetaan piha-alueen osalta sähköntarpeet. Tontille voi tulla esimerkiksi jätevedenpumppaamo tai -puhdistamo.

Teleliittymää varten selvitetään mahdollisen telekaapelin sijainti tontilla ja vedetään sinne varausputki ryhmäkeskuksen IT-osasta, joka toimii yleensä kiinteistön pääjakamona. Suojaputken on syytä olla varustettu vetonarulla, jotta teleliittymiskaapelin tuonti keskukselle onnistuu mahdollisimman vaivattomasti. Suojaputkeksi valittiin halkaisijaltaan 50 mm paksu, joka on sisäpinnaltaan sileä ja varustettu vetonarulla.



KUVA 2. Kuvakaappaus sähköasemapiirustuksesta.

### 3.4 Vikasuojaus ja jännitteenalenema

Standardin SFS 6000-4-41-2022 mukaan pienjännitesähköasennusten vikasuojaus toteutetaan suojaavalla potentiaalintasauksella ja syötön automaattisella poiskytkennällä. Vikavirtasuojia käytetään määritellyissä tapauksissa lisäsuojauksena. Potentiaalintasaus tehdään kohteen jännitteille alttiille osille, kuten rakennukseen tuleville metalliputkille, metallisille ilmanvaihto- tai lämmitysjärjestelmän osille ja betonirakenteiden kosketeltavissa oleville teräksille. (6, s. 7–8.)

Syötön automaattisessa poiskytkennässä suojalaitteen on katkaistava syöttö määritellyssä ajassa äärijohtimen ja jännitteelle alttiin osan tai suojajohtimen välillä sattuvan vian eli oikosulun tapahtuessa. Vaaditut poiskytkentäajat esitetään standardissa SFS 6000-4-41-2022. (6, s. 7–8.)

Oulun Seudun Sähkön verkkosivuilla on annettu ohjeet liittymän sisäisen verkon suojauksen mitoittamisesta. Jakeluverkon puolelta uudet sähköliittymät mitoitetaan siten, että 3x25 – 3x50 A:n liittymissä yksivaiheinen oikosulkuvirta liittymän päävarokkeilla on yleensä vähintään 250 A. Tämän kokoisen liittymän sisäisen verkon suojausten mitoituksessa tulee käyttää 250 A oikosulkuvirtaa, vaikka oikosulkuvirta olisi suunnitteluhetkellä suurempi, koska jakeluverkon muutokset voivat vaikuttaa oikosulkuvirran suuruuteen. (7.)

Suojausten tarkastelu oikosulkuvirtojen osalta on suunnitteluvaiheessa välttämätöntä. Jälkeenpäin suojausten korjaaminen voi olla työlästä. Ennen laskentaa selvitetään, missä kohdissa asennusta oikosulkuvirta pitää määrittää. Yhden virtapiirin osalta riittää, kun selvitetään oikosulkuvirta kauimmaisessa pisteessä. Laskentaan valitaan suojauksen kannalta hankalin virtapiiri, jolloin jokaista virtapiiriä ei tarvitse erikseen laskea. Yksivaiheinen oikosulkuvirta voidaan laskea kaavalla 4. (8, s. 93–94.)

$$I_k = (c \times U) / (\sqrt{3} \times Z) \quad \text{KAAVA 4}$$

$I_k$  = pienin yksivaiheinen oikosulkuvirta (A)

$c$  = kerroin 0,95, joka ottaa huomioon jännitteenaleneman verkon komponenteissa

$U$  = pääjännite (V)

$Z$  = virtapiirin kokonaisimpedanssi ( $\Omega$ )

Mittauskeskuksen laskennallisen oikosulkuvirran ollessa tiedossa, selvitetään sähköverkon impedanssi. Kaava 4 saadaan käännettyä muotoon:

$$Z = (c \cdot U) / (\sqrt{3} \cdot I_k)$$

Sijoitetaan kaavaan pääjännite sekä keskuksen oikosulkuvirta 250 A.

$$Z_{mk} = (0,95 \cdot 400 \text{ V}) / (\sqrt{3} \cdot 250 \text{ A})$$

$$Z_{mk} \approx 0,8776 \Omega$$

Ryhmäkeskuksen oikosulkuvirran määrittämiseksi lisätään mittauskeskuksen impedanssiin nousukaapelin impedanssi, joka saadaan valitsemalla D1-käsikirjan taulukosta 41.6. kyseisen johdinpoikkipinta-alan mukainen impedanssi ja kertomalla se kaapelin pituudella. Nousukaapeliksi oli valittu 15 m pitkä MCMK 4x10/10 -tyyppinen kaapeli, jonka impedanssi on taulukon mukaan 2,246  $\Omega$ /km.

$$Z_{rk} = Z_{mk} + 2 \cdot 2,246 \frac{\Omega}{km} \cdot 0,015 km$$

$$Z_{rk} \approx 0,9450 \Omega$$

Ryhmäkeskuksen oikosulkuvirta ratkaistaan seuraavaksi sijoittamalla ryhmäkeskusta edeltävän verkon impedanssi kaavaan.

$$I_{k_rk} = (0,95 \times 400 V) / (\sqrt{3} \times 0,9450 \Omega)$$

$$I_{k_rk} \approx 232 A$$

Määritetään suurimmat sallitut johtopituudet ryhmäkeskukselta eri suojalaitteilla. Ryhmäkeskuksessa on C- ja B-tyyppisiä johdonsuojakatkaisijoita. Yleisimmin on käytetty 1,5 mm<sup>2</sup>:n poikkipinnalla olevia johtimia 10 A:n nimellisvirralla varustetuille johdonsuojakatkaisijoille ja 2,5 mm<sup>2</sup>:n poikkipinnalla 16 A:n johdonsuojakatkaisijoille. Lasketaan näille yhdistelmille suurimmat sallitut johtopituudet kaavalla 5.

$$l = \left( (c \times u) / (\sqrt{3} \times I_k) - Z_v \right) / (2 \times z) \quad \text{KAAVA 5}$$

$l$  = suurin sallittu johtopituus (km)

$c$  = kerroin 0,95

$U$  = pääjännite (V)

$I_k$  = oikosulkuvirta, joka aiheuttaa automaattisen poiskytkennän vaaditussa ajassa (A)

$Z_v$  = impedanssi ennen suojalaitetta ( $\Omega$ )

$z$  = suojattavan johtimen impedanssi ( $\Omega$ /km)

Automaattisen poiskytkennän takia vaadittavat oikosulkuvirrat ovat C-tyyppin 10 A:n johdonsuojakatkaisijalla 100 A ja 16 A:n johdonsuojakatkaisijalla 160 A. Vastaavasti B-tyyppin johdonsuojakatkaisijoilla arvot ovat 10 A:n nimellisvirralla 50 A ja 16 A:n nimellisvirralla 80 A. Johtimen impedanssit ovat 80 °C:een lämpötilassa 1,5 mm<sup>2</sup>:n kuparijohtimella 14,620 Ω/km ja 2,5 mm<sup>2</sup>:n kuparijohtimella 8,770 Ω/km. (8, s. 96.)

$$l_{max}C10 = ((0,95 \times 400V)/(\sqrt{3} \times 100 A) - 0,945 \Omega) / (2 \times 14,620 \Omega/km)$$

$$l_{max}C10 \approx 0,0427 km \approx 42,7 m$$

$$l_{max}C16 = ((0,95 \times 400V)/(\sqrt{3} \times 160 A) - 0,945 \Omega) / (2 \times 8,770 \Omega/km)$$

$$l_{max}C16 \approx 0,0243 km \approx 24,3 m$$

$$l_{max}B10 = ((0,95 \times 400V)/(\sqrt{3} \times 50 A) - 0,945 \Omega) / (2 \times 14,620 \Omega/km)$$

$$l_{max}B10 \approx 0,1177 km \approx 118 m$$

$$l_{max}B16 = ((0,95 \times 400V)/(\sqrt{3} \times 80 A) - 0,945 \Omega) / (2 \times 8,770 \Omega/km)$$

$$l_{max}B16 \approx 0,1025 km \approx 103 m$$

Sähkön liittymispisteen ja kauimmaisenkaan kuormituspisteen välisen jännitteenaleneman ei pitäisi olla standardin SFS 6000-5-52-2022 taulukossa G.52.1 esitettyjä arvoja suurempi. Suoraan yleisestä jakeluverkosta syötetyn pienjänniteasennuksen jännitteenalenema saa olla enintään 3 % valaistuskäytössä ja 5 % muussa käytössä. Jännitteenalenema voidaan laskea standardissa esitettyä kaavaa käyttäen (kaava 6). (9, s. 62.)

$$u = b \left( \rho_1 \frac{L}{S} \cos \varphi + \lambda L \sin \varphi \right) I_B$$

KAAVA 6

$u$  = jännitteenalenema (V)

$b$  = kerroin, joka on 1 kolmivaiheisille ja 2 yksivaiheisille piireille

$\rho_1$  = johtimien resistiivisyys normaalissa käyttölämpötilassa eli 1,25 kertaa resistiivisyys 20 °C lämpötilassa tai 0,0225 Ωmm<sup>2</sup>/m kuparille ja 0,036 Ωmm<sup>2</sup>/m alumiinille

$L$  = johtojärjestelmän pituus (m)

$S$  = johtimien poikkipinta-ala (mm<sup>2</sup>)

$\cos \varphi$  = tehokerroin, jonka oletetaan ilman tarkkaa arvoa olevan 0,8

$\sin\varphi$  = tehokerroin, jonka oletetaan ilman tarkkaa arvoa olevan 0,6

$\lambda$  = johtimen reaktanssi pituusyksikköä kohden, jonka oletetaan ilman tarkkoja arvoja olevan 0,08 m $\Omega$ /m

$I_B$  = suunniteltu virta (A)

Ensin lasketaan jännitteenalenema liittymispisteestä mittauskeskukselle. Liittymiskaapeliksi oli valittu AXMK 4x25, jonka pituus oli laskennallisesti noin kuusi metriä. Suunniteltuna virtana käytetään 33,25 A, joka on 95 % pääsulakkeen nimellisvirrasta.

$$u_{mk} = 1 \left( 0,036 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}} \frac{6 \text{ m}}{25 \text{ mm}^2} 0,8 + 0,00008 \frac{\Omega}{\text{m}} * 6 \text{ m} * 0,6 \right) 33,25 \text{ A}$$

$$u_{mk} = 0,2394 \text{ V}$$

Tämän jälkeen selvitetään vielä jännitteenalenema mittauskeskukselta ryhmäkeskukselle sekä pisimmän valaistusryhmän kaapeloinnin aiheuttama jännitteenalenema. Nousukaapelina oli 15 m pitkä MCMK 4x10/10 ja ryhmäjohtona valaistusryhmässä 35 m pitkä MMJ 3x1,5 s.

$$u_{rk} = 1 \left( 0,0225 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}} \frac{15 \text{ m}}{10 \text{ mm}^2} 0,8 + 0,00008 \frac{\Omega}{\text{m}} * 15 \text{ m} * 0,6 \right) 33,25 \text{ A}$$

$$u_{rk} = 0,92169 \text{ V}$$

$$u_{val} = 1 \left( 0,0225 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}} \frac{35 \text{ m}}{1,5 \text{ mm}^2} 0,8 + 0,00008 \frac{\Omega}{\text{m}} * 35 \text{ m} * 0,6 \right) 9,5 \text{ A}$$

$$u_{val} = 4,00596 \text{ V}$$

Kokonaisjännitteenaleneman selvittämiseksi keskusten ja valaistusryhmän jännitteenalenemat lasketaan yhteen kaavalla 7.

$$u_{kok} = u_{mk} + u_{rk} + u_{val}$$

KAAVA 7

$$u_{kok} = 0,2394 \text{ V} + 0,92169 \text{ V} + 4,00596 \text{ V}$$

$$u_{kok} = 5,16705 \text{ V}$$

Suhteellinen jännitteenalenema prosentteina saadaan ratkaistua kaavalla 8.

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

KAAVA 8

$u$  = jännitteenalenema (V)

$U_0$  = jännite vaiheen ja nollan välillä (V)

$$\Delta u = 100 \frac{5,16705 \text{ V}}{230 \text{ V}}$$

$$\Delta u \approx 2,25 \%$$

Standardin vaatimus enintään 3 %:n jännitteenalenemasta valaistuskäytössä toteutui laskennallisesti.

## 4 SÄHKÖSUUNNITELMA

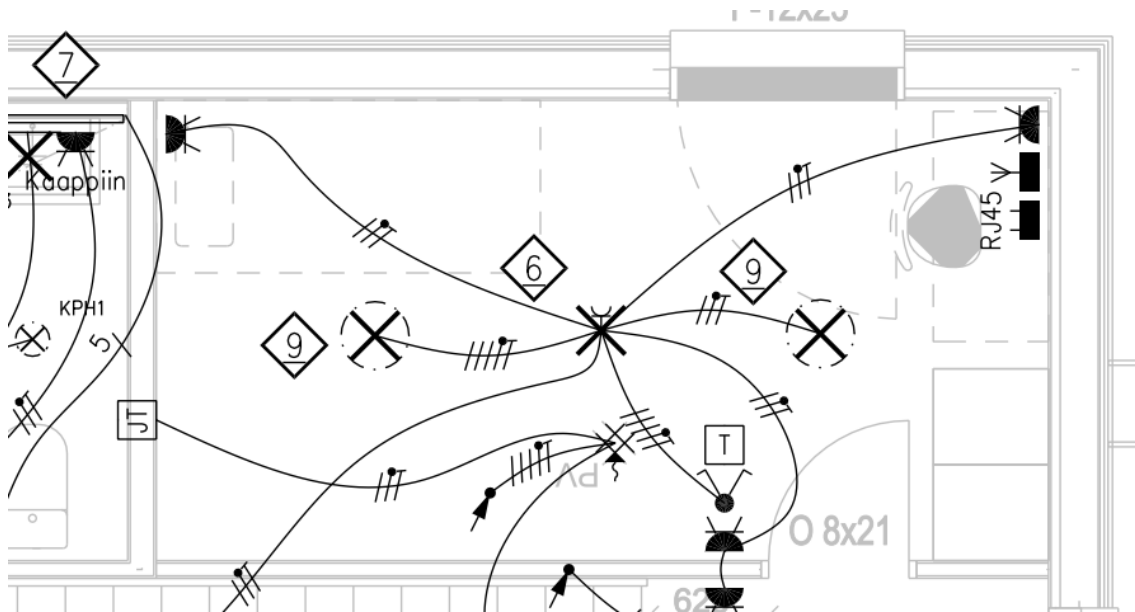
Työn kohteena olevan omakotitalon rakensi Rakennuspalvelu Jopera Oy. Joperan kohteisiin on sähkösuunnittelun osalta vakiintunut tietty järjestys ja toimintatavat. Sähköselostus on sisällytetty Joperan rakenne- ja toimitustapaselosteeseen. Ensimmäiseksi mitoitettiin sähköliittymä ja piirrettiin asemapiirustus maatöitä varten.

Talopakettissa on myyty asiakkaalle tietty perussisältö, jonka perusteella tehtiin alustavat sähköpiste- ja piirustukset. Tämän jälkeen pidettiin asiakkaan kanssa palaveri ja tehtiin tarvittavat muutokset suunnitelmiin.

### 4.1 Tasopiirustus

Tasopiirustuksen tarkoituksena on esittää rakennuksen sähkö- ja telejärjestelmien laitteet, pisteet ja niiden johdotukset. Piirustuksessa kuvataan sähkönjakelujärjestelmään kuuluvat keskuskeskukset, laitteet, valaisimet, kytkimet ja pistorasiat sekä telejärjestelmien laitteet ja liitännät. Piirroksessa annetaan tiedot laitteiden asennustavoista ja -korkeuksista. Johdotukset tai kytkennät voidaan esittää piirroksessa tai viitteinä. Lisäksi on tärkeää esittää, mistä keskuksista laite saa syöttönsä ja mihin järjestelmään piste kuuluu. (4, s. 19.)

Alustavaan suunnitelmaan sijoitettiin perussisällön mukaiset pistorasiat, kytkimet ja valaisimet. Myös palovaroittimet sekä antenni- ja ATK-pistorasiat merkittiin kuvaan. Sähköpistekuva päivitettiin valaistussuunnitelman valmistuttua ja lisättiin tarvittavia pistorasioita esimerkiksi työskentelypisteille. Sähköpistekuvien muokkailujen jälkeen suunniteltiin kaapeloinnit ja piirrettiin johdotuskuva (kuva 3). Kaapeloinnit tehtiin uppoasennuksena pääosin MMJ-tyyppisillä kaapeleilla.



KUVA 3. Kuvakaappaus tasopiirustuksesta

## 4.2 Keskukset

Sähkösuunnittelun keskeinen osa on sähkökeskusten suunnittelu, joka voidaan toteuttaa räätälöidysti tai muokkaamalla valmiita keskuksia. Keskuskaavio sisältää sähkökeskuksen ja siihen liittyvien kaapeleiden tekniset tiedot, mukaan lukien komponentit ja kytkentäpaikat. Ajantasainen keskuskaavio on oleellinen laitteistojen käytössä, ylläpidossa ja vianetsinnässä. Lisäksi käyttöönotto-tarkastuksessa tarkastellaan kaapeleiden ja suunnitelmien vastaavuutta, mikä tekee keskuskaavio-osta tärkeän osan kiinteistön teknistä dokumentaatiota. (10.)

Ryhmäkeskukseksi valittiin Enston vakiokeskus ESSV345.36-ITM65. Keskus on nimellisvirraltaan 50 A ja sisältää Traficommin määräyksen 65 mukaisen IT-osan yleiskaapelointi- ja antenniverkon laitteille. Tonttikeskukseksi valikoitui ABB:n Näpsä Smart -mittauskeskus niin ikään 50 A:n nimellisvirralla. Tonttikeskus asennettiin talusrakennuksen ulkoseinää vasten kiinteällä jalustalla. Keskusvalmistajien pääkaavioihin täydennettiin suunnitellut ryhmät (kuva 4).



sinne kaapeloidaan ja päätetään kaikki antenni- ja tietoverkkokaapelit. Antennikaapelointi suunniteltiin RG-6-tyyppisellä koaksiaalikaapelilla ja yleiskaapelointi kategorian 6 "siamilaisella" tietoverkkokaapelilla, jossa on kaksi neljän parin parikaapelia yhdessä.

#### **4.4 Aurinkoenergia**

Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelussa ja toteutuksessa täytyy huomioida niitä koskevien standardien vaatimukset. Vaatimuksensa antaa esimerkiksi Sähköasennusstandardin SFS 6000 osa 7-712 *Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Aurinkosähköjärjestelmät* sekä osan 5-55 kohta 551 *Pienjännitteiset generaattorilaitteistot*. ST-käsikirjassa 40 *Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelu ja toteutus* on koottuna käytännön ohjeita ja yleistietoa aurinkosähköjärjestelmistä. (12.)

Kohdetta suunnitellessa haluttiin varautua tulevaisuuden tarpeisiin lisäämällä varaus talon katolle asennettaville aurinkopaneeleille. Mahdollisen vaihtosuuntaajan eli invertterin paikka suunniteltiin tekniseen tilaan ryhmäkeskuksen läheisyyteen. Invertterin luota vedettiin aurinkopaneelikaapelit ja potentiaalintasausjohdin vintille. Suunnitellulta invertterin paikalta voidaan myöhemmin kaapeloida helposti syöttö ryhmäkeskukselle ja turvakytkimelle, joka voidaan sijoittaa ulkoseinälle teknisen tilan kohdalle.

#### **4.5 Sähköauton lataus**

Sähköjärjestelmien piireihin, joita käytetään sähköajoneuvojen lataukseen, sovelletaan standardia SFS 6000 osaa 7-722 *Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Sähköajoneuvojen syöttö*. Sen lisäksi niiden suunnittelussa ja toteutuksessa on noudatettava koko standardisarjan 6000 perusvaatimuksia. Sähköajoneuvon lataamiseen tulee käyttää vain sille tarkoitettua virtapiiriä. Samassa piirissä voivat kuitenkin lisäksi olla ajoneuvon lämmitykseen tarkoitetut kojeet. (13, s. 6-7.)

Vaikka kohteen tulevalla asukkaalla ei sähköajoneuvoa ollutkaan, tulevaisuutta varten varauduttiin suunnitteleamalla ja toteuttamalla latausasemalle kaapelointi. Autokatoksen seinälle kaapeloitiin MMJ 5x2,5S -tyyppinen asennuskaapeli sekä kategorian 6 tietoverkkokaapeli kuormanhallintaa varten. Kaapeloinnin osalta varauduttiin latausteholtaan noin 11 kW:n latausasemaan.

## 4.6 Lämmitys

Pientaloa rakennettaessa voi olla useita vaihtoehtoja lämmitysjärjestelmäksi. Järjestelmän valintaan vaikuttavat hankinta- ja käyttökustannusten lisäksi käytön vaivattomuus, ympäristöystävällisyys ja energiakustannukset nyt ja tulevaisuudessa. Varsinaisen lämmitysjärjestelmän rinnalla varalämmönlähteenä toimivat täydentävät järjestelmät pienentävät ostoenergian tarvetta. (14.)

Maalämpöpumppu kerää maahan tai veteen varastoitunutta lämpöenergiaa. Auringon lämpöenergian lisäksi lämpökaivon energia saadaan kallioperästä maapallon ytimestä johtuvasta fissioenergiasta. Maalämmön suosio pientalojen lämmitysmuotona on kasvanut viime vuosikymmenten aikana. Suurin osa maalämpöjärjestelmien keruupiireistä on lämpökaivoja. Vaihtoehtoisia muotoja lämmönkeruupiireille on asennus maan pintakerrokseen vaakasuoraan ja vesistön pohjaan upotettu piiri. (15.)

Suunniteltavaan kohteeseen oli valittu lämmitysjärjestelmäksi maalämpöpumppu vesikiertoisella lattialämmityksellä ja täydentäväksi lämmitysjärjestelmäksi ilmalämpöpumppu. Lämmitysjärjestelmien sekä muiden LVI-laitteiden sähköistykseen selvitettiin vaadittavat seikat laitteiden valmistajien ohjeista. Valmistajien ohjeista selviää esimerkiksi laitteiden vaatimat kaapeloinnit ja suojalaitteet.

## 5 VALAISTUSSUUNNITTELU

Valaistussuunnitelmassa huomioidaan valaistuksen toteutus tilan käyttötarpeiden mukaisesti. Suunnitelma kattaa valaisinten sijoittelun ja tiedot valituista tai ehdotetuista valaisimista sekä niiden käyttötarkoituksista. Valaistussuunnitelman perusteella voidaan arvioida, mitä suunnitelman mukaisen valaistuksen toteuttaminen maksaa. (16.)

Tämän kohteen valaistussuunnittelussa keskityttiin ensisijaisesti tunnelmallisen ja näyttävän valaistuksen suunnitteluun. Esimerkiksi terassin ja parvekkeen valaistus suunniteltiin toteutettavaksi seinän ja katon rajaan asennettavalla led-nauhalla, joka valaisee alueen häikäisemättä sisälle ta- loon (kuva 5). Lisäksi terassia ja parvekettä kiertävä led-nauha tuo rakennuksen näyttävästi esille. Seinävalaisimet asetettiin myös korostamaan rakennuksen muotoja sekä osoittamaan kulkua oville.



*KUVA 5. Terassin ja parvekkeen valaistus DIALuxin 3D-näkymässä*

## 5.1 Valo ja valaistus (suureet, käsitteet)

Valaistuksen kuvaamisessa käytetään useita eri suureita, jotka auttavat määrittämään valon määrää, laatua ja ominaisuuksia eri näkökulmista. Nämä suureet kuvaavat valon määrää, sen jakautumista ja vaikutusta ympäristöön. Pientalojen valaistusta ei säädellä määräyksin tai standardein, joten esimerkiksi sopivat valaistusvoimakkuudet ja väriämpötilat ovat suunnittelijan harkittavissa.

### Valaistusvoimakkuus

Valaistusvoimakkuus (luksi, lx) on suure, joka ilmoittaa tietylle pinnalle osuvan valovirran määrään. Käytännössä valaistusvoimakkuus kertoo, kuinka kirkkaalta valaistus tuntuu tietyssä paikassa. Yhden luksin valaistusvoimakkuus tarkoittaa tilannetta, jossa yhden luumenin valovirta osuu yhden neliömetrin suuruiselle pinnalle. (17.)

### Valovirta

Valovirta (luumen, lm) kertoo valonlähteen tuottaman silmälle näkyvän kokonaisvalomäärän. Luumenit kuvaavat valonlähteen tuottaman valon määrää eli sen todellista kirkkaustasoa, kun taas valaisimen tehoa ilmaiseva yksikkö watti (W) viittaa valonlähteen kuluttamaan sähköenergian määrään. (17.)

### Väriämpötila

Valonlähteen värisävyä kuvataan väriämpötilan (kelvin, K) avulla. Valon värin vaikutelma vaihtelee lämpimästä keltaisesta kylmään sinertävään. Alle 4000 kelvinin sävyt koetaan lämpimiksi ja yli 4000 kelvinin sävyt kylmiksi väreiksi. (17.)

## 5.2 DIALux

DIALux on suunnittelutyökalu, joka sisältää tarvittavat toiminnot ammattimaiseen valaistussuunnitteluun. Sen avulla voi suunnitella ja visualisoida valaistuksen kokonaisuun rakennuksiin, yksittäisiin tiloihin, piha-alueisiin ja tiealueille. Ohjelma auttaa tarkistamaan paikallisten ja kansainvälisten valaistusstandardien vaatimukset. DIALux on ilmainen ohjelmisto, jota saa käyttää vapaasti myös

kaupallisiin tarkoituksiin. Ohjelmiston kehittämistä rahoitetaan DIALux-jäsenyyden hankkineiden valaisinvalmistajien jäsenmaksuilla. (18.)

### **5.3 3D-mallinnus**

Rakennuksen mallinnus aloitettiin tuomalla suunnitelmaan alakerran pohjapiirustus viitekuvaksi. Pohjakuvan mukaan voitiin piirtää rakennuksen ulkoseinät ja alakerran väliseinät oikeille paikoilleen. Samoin ovet, ikkunat ja muut rakennuksen aukot piirrettiin suoraan pohjapiirustuksen perusteella. Autokatos ja varasto näkyivät myös 1. kerroksen pohjakuvassa, joten ne piirrettiin samalla paikoilleen.

Alakerran rakenteiden mallintamisen jälkeen vaihdettiin pohjakuvaksi yläkerran pohjapiirustus ja tehtiin samat toimenpiteet yläkertaan. Myös katto asetettiin paikoilleen. Siihenkin DIALuxista löytyy oma työkalunsa, johon voidaan asettaa valmiiksi katon malli ja lappeiden kulmat. Huoneiden korkeudet ja katon kulmat voitiin tarkistaa rakennuksen leikkauskuvasta.

Kun seinät ja katto oli saatu paikoilleen, määritettiin ohjelmassa huoneille tilatunnukset. Terassi, portaikko ja kaikki kalusteet hahmoteltiin paikoilleen. Osa kalusteista löytyi valmiina DIALuxin objektikirjastosta, mutta esimerkiksi portaat ja saunan kalusteet mallinnettiin kokonaan itse. Kaiken tarvittavan pystyi kuitenkin luomaan ohjelman mallinnustyökaluilla kohtuullisen helposti.

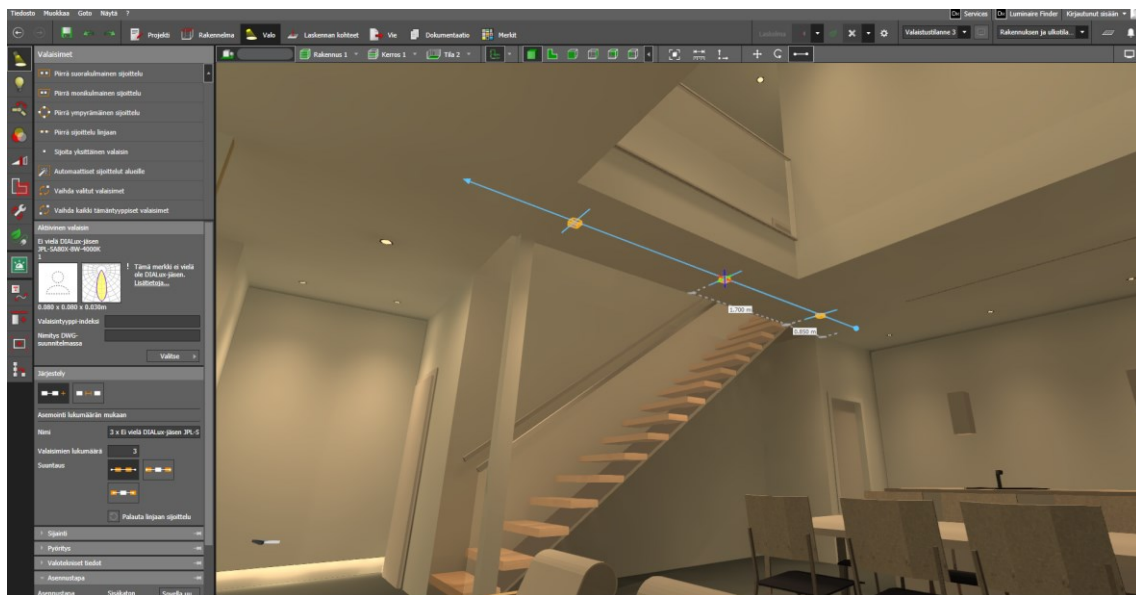
Mallinnetut pinnat ja objektit täytyi vielä saada oikean värisiksi. DIALuxin värien ja materiaalien kirjastosta löytyi laajasti vaihtoehtoja, joita voi halutessaan vielä muokata esimerkiksi heijastamisen osalta. Lisäksi ohjelmassa on mahdollisuus luoda omia värejä. Esimerkiksi ulkoseinien väriin saatiin asiakkaalta värikoodi, jolla voitiin tehdä täsmälleen oikean sävyiset seinät.

### **5.4 Valaisimien valinta ja sijoittelu**

Aiemmin pidetyssä palaverissa oli kartoitettu ideoita ja asiakkaan toivomuksia valaistussuunnittelua varten. Suunnitelmaa lähdettiin viemään eteenpäin näiden esitietojen pohjalta. Esimerkiksi terrassin ja parvekkeen valaistus haluttiin hoitaa pelkästään katon ja seinän rajaan asennettavalla led-nauhalla. Lisäksi kaikkien valaisimien väriämpötilaksi päätettiin lämmin 3000 kelvinin sävy.

Valaisimien valinta tehtiin tutun valaisintoimittajan, Jupeled Oy:n valikoimista. Heidän verkkosivuiltaan löytyi valaisimien valonjakotiedostot, jotka voitiin tuoda DIALuxiin. Yleisvalaisimiksi valittiin normaaleja led-paneelleja vähemmän kiusahäikäisyä aiheuttavia alasvaloja, joiden valonlähde on hieman syvennyksessä. Kohdevalaisimiksi valikoitui kattoon upotettavat suunnattavat valaisimet. Olohuoneeseen sekä ruokapöydän ja keittiön saarekkeen päälle suunniteltiin uppoasennetut kosketinkiskot, joihin voidaan myöhemmin hankkia halutut valaisimet. Ulkopuolen valaistukseen käytettiin led-nauhan lisäksi ylös- ja alaspäin valaisivia seinävalaisimia.

Valaisimien sijoittaminen DIALuxissa tapahtuu *Valo*-välilehdeltä. Valaisimia voidaan sijoitella automaattisesti alueille, jolloin ohjelma laskee tarvittavan määrän valaisimia alueelle. Tämä toiminto on tarpeellinen esimerkiksi kouluissa tai muissa julkisissa kohteissa, joissa valaistusstandardi määrittelee vaaditun valaistusvoimakkuuden eri tiloihin. Tässä kohteessa käytetyimmät työkalut olivat yksittäisen valaisimen sijoitus sekä sijoittelu linjaan (kuva 6).

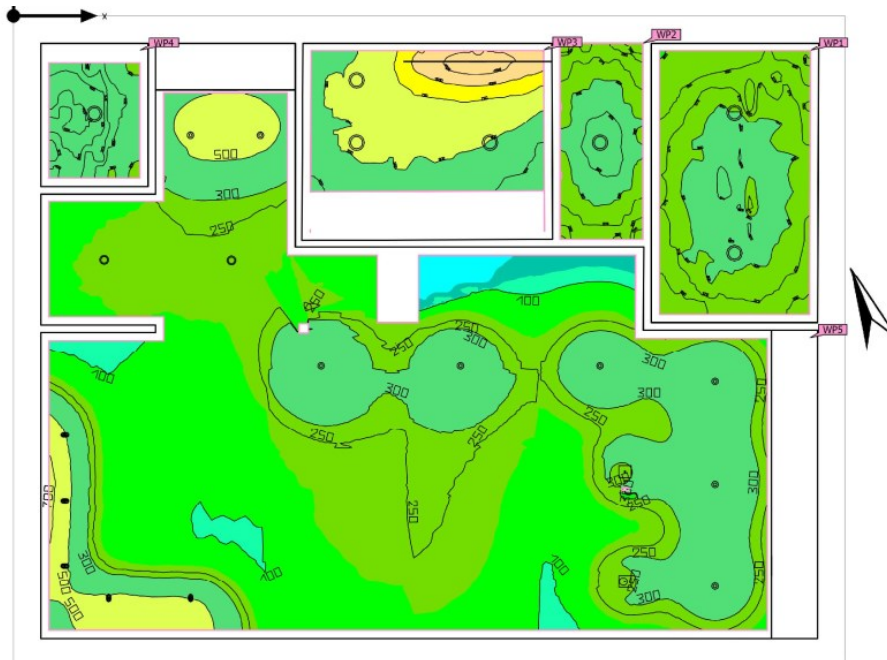


KUVA 6. Valaisimien sijoittelu linjaan

## 5.5 Valaistuslaskelma

Valaistuslaskelmaa varten täytyi määrittää laskettava alue. Tämä tapahtui ohjelman laskentatyökalu-valikosta löytyvillä toiminnoilla. Laskettavasta alueesta rajattiin pois kiinteät kalusteet sekä seinien vierestä 10 cm leveä kaistale. Lisäksi voitiin asettaa laskettavan pinnan korkeus.

Ohjelma laskee kohtisuoran valaistusvoimakkuuden sekä valaistuksen tasaisuuden laskettavalla alueella. Tulokset voidaan valita esitettäväksi esimerkiksi vääräväreillä ja isolux-käyrillä (kuva 7). Valaistusta visualisoidaan 3D-näkymässä, josta voidaan tallentaa kuvia dokumentointia varten (kuva 8).



KUVA 7. Valaistuskalkelma.



*KUVA 8. Visualisointi 3D-näkymässä valaistuskalkelmaa jälkeen.*

## 6 PLEJD-VALAISTUKSENOHJAUSJÄRJESTELMÄ

Plejd AB on ruotsalainen älykkään valaistuksen ohjauksen tuotteita ja palveluita kehittävä teknologiayhtiö. Yhtiö tunnetaan erityisesti innovatiivisesta, langattomasta valaistusjärjestelmästä, joka on suunniteltu helpottamaan sekä asentajien että loppukäyttäjien työtä. Plejd tarjoaa laajan valikoiman tuotteita, kuten älykkäitä himmentimiä, valaistusohjaimia ja muita älykkäitä komponentteja, jotka mahdollistavat valaistuksen joustavan ja monipuolisen hallinnan. (19.)

### 6.1 PLEJD-järjestelmä

Plejd-järjestelmän ydin on helppokäyttöinen ja intuitiivinen valaistuksen hallintasovellus, joka helpottaa sähköasentajien työtä tuotteiden asennuksessa ja asetusten määrittämisessä. Järjestelmä toimii langattomasti, joten asetusten säätö ja vianmääritys onnistuvat paikan päällä ilman fyysistä pääsyä laitteisiin. Plejd Gateway mahdollistaa yhteyden Internetiin ja etähallinnan. Sovellus tarjoaa monipuolisia älytoimintoja, kuten mukautettavat valaistustilanteet ja ajastimet. Järjestelmä käyttää mesh-verkkotekniikkaa ja Bluetooth-yhteyttä, mikä tekee laitteiden hallinnasta helppoa ilman lisälaitteita. (20, s. 7–8.)

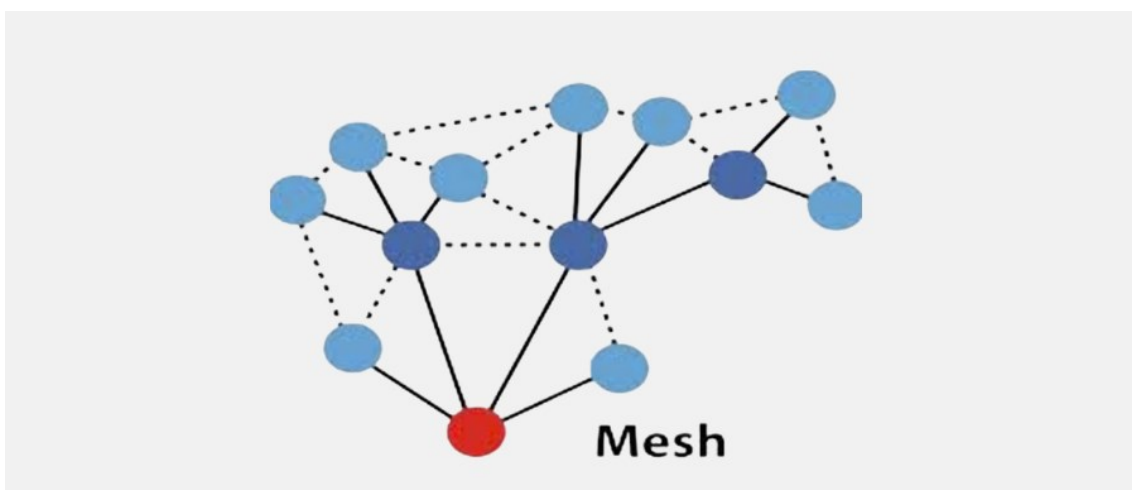
Suunniteltavassa kohteessa päätettiin hallita kaikkea valaistusta Plejd-järjestelmällä. Käytännössä ohjaus tehtiin käyttämällä Plejdin DIM-01- ja DIM-02-himmentimiä, jotka asennettiin kojerasioihin valokytkimien taakse (kuva 9). Asennustyön helpottamiseksi kojerasioiksi valittiin 60 mm syvät yleisimmin käytettävien 47 mm syvien sijaan.



KUVA 9. Yksiosainen rasiahimmennin DIM-01 (21)

## 6.2 Kommunikointi ja MESH-verkot

Mesh-topologia on verkon rakenne, jossa laitteet ovat yhteydessä toisiinsa ilman keskusreititintä. Jokainen verkkoon liitetty laite voi välittää tietoa eteenpäin muille laitteille useita eri reittejä pitkin (kuva 10). Mesh-verkot sietävät vikoja ja häiriöitä hyvin, koska yksittäinen vika ei kaada verkkoa, vaan verkko löytää automaattisesti uuden reitin. Järjestelmän eduksi voidaan mainita myös skaalautuvuus, koska uusien laitteiden lisääminen on helppoa, ja ne integroituvat automaattisesti osaksi verkkoa vahvistaen tiedon liikumista entisestään. Mesh-topologiaa käytetään yleisesti langattomissa verkoissa, kuten älykodeissa ja teollisuusympäristöissä. (22.)



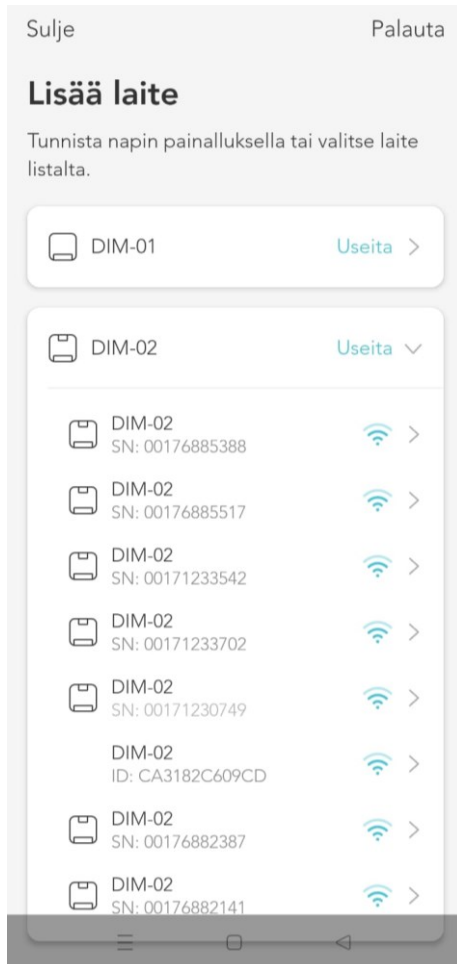
KUVA 10. Mesh-verkon rakenne (23)

## 6.3 Sovellus ja käyttöönotto

Sähköasennusten valmistuttua voitiin aloittaa valaistusjärjestelmän käyttöönotto. Ilmainen Plejd-sovellus ladattiin mobiililaitteeseen sovelluskaupasta ja kirjauduttiin sisään. Sovellus käyttää mobiililaitteen Bluetooth-yhteyttä valaistusjärjestelmän laitteisiin yhdistämiseen.

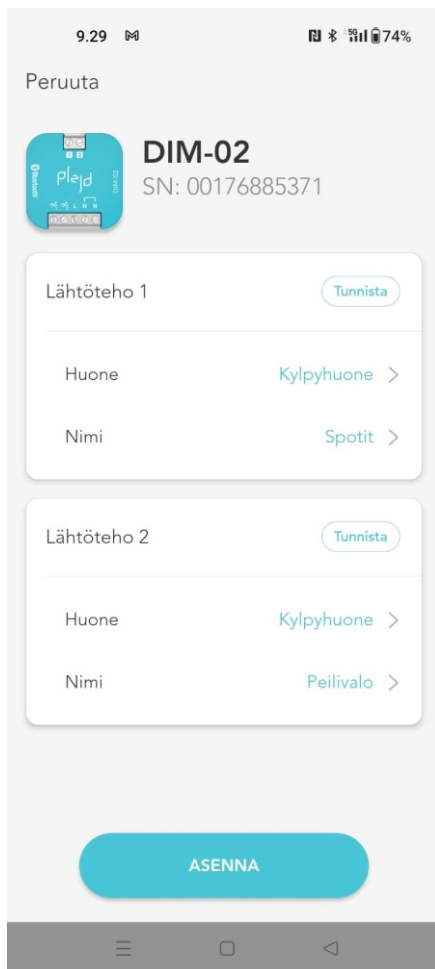
Ensimmäiseksi lisättiin uusi järjestelmä ja nimettiin se kohteen mukaan. Tässä tapauksessa käytettiin nimeämisessä kohteen katuosoitetta. Sovelluksen asetusvalikosta kohdasta "lisää laite" järjestelmä hakee kaikki lähistöllä olevat Plejd-laitteet, joita ei ole vielä liitetty mihinkään järjestelmään.

Löydetyt laitteet listautuvat näytölle ja ne voidaan tunnistaa kytkimen painalluksella tai listasta valitsemalla (kuva 11). Listalta valittu laite voidaan asettaa vilkuttamaan siihen kytkettyä valaistuskoruun, jolloin tunnistaminen on helppoa.



KUVA 11. Löydetyt laitteet listautuvat Plejd-sovellukseen.

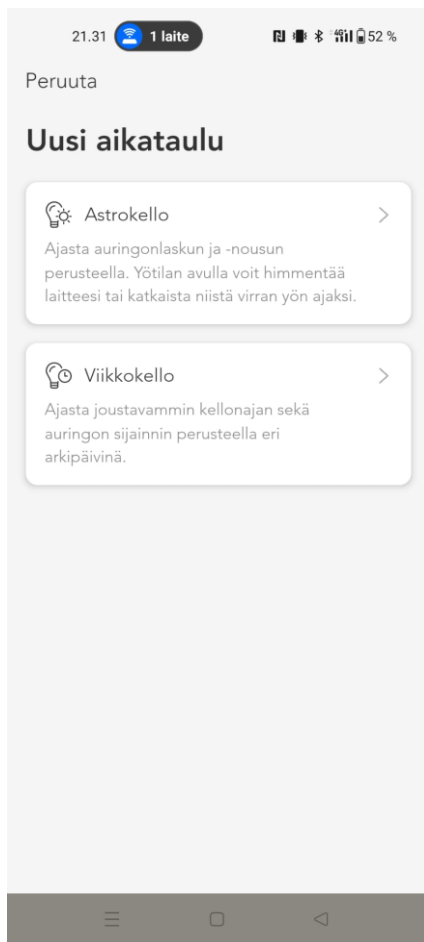
Laitteet nimettiin niihin kytkettyjen valaisinten mukaan. Myös rakennuksen tilat nimettiin ja jokainen valaisin tai valaisinryhmä sijoitettiin sovelluksessa tiloihin (kuva 12). Valaisimille määritettiin sovelluksessa tyypit ja himmennettäville valaisimille pienimmät mahdolliset himmennystasot. Valaisinpistorasioille valittiin asetus "Ei-himmennettävä LED", koska ei ollut tiedossa, mitä valaisimia niihin tultaisiin kytkemään. Asetusten määrittämisen jälkeen sovellus tallentaa asetukset järjestelmän pilvipalveluun ja salaa laitteen, jolloin se löytyy vain järjestelmään kirjautuneella mobiililaitteella.



KUVA 12. Valaisimien nimeäminen Plejd-sovelluksessa.

Järjestelmään voi luoda valaistustilanteita, jotka mahdollistavat useiden valaisimien samanaikaisen ohjauksen. Kohteeseen esimerkiksi määritettiin ”poissa”-valaistustilanne, joka voidaan aktivoida eteisen valokytkimestä kaksoisnapauttamalla. Tämän valaistustilanteen avulla kaikki rakennuksen valot voidaan sammuttaa kerralla, jolloin yksittäisten huoneiden valaisimien manuaalinen sammuttaminen on tarpeetonta rakennuksesta poistuttaessa.

Aikaohjaukset määriteltiin sovelluksen asetusvalikon "ajastaminen"-osiossa (kuva 13). Aikaohjelmat voidaan luoda kellonaikojen ja viikonpäivien perusteella, ja niihin voidaan sisällyttää auringonlasku- ja -nousuajat. Esimerkiksi ulkovalaistus konfiguroitiin syttymään auringonlaskun aikaan ja sammumaan tunti ennen auringonnousua. Lisäksi asetettiin, että valaisimet pysyvät sammutettuina yöllä kello kahdestatoista kuuteen. Käyttöönottovaiheessa luotujen valaistustilanteiden ja aikaohjauksien lisäksi käyttäjä voi vapaasti luoda uusia ja muokata olemassa olevia ohjauksia.



*KUVA 13. Valaistuksen ajastaminen Plejd-sovelluksessa.*

## 7 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä oli tarkoitus käsitellä uudisrakennuksen sähkösuunnittelua ja luoda tarvittavat laskelmat ja piirustukset sähköurakointia varten. Normaalien suunnitelmapiirustuksien lisäksi tehtiin valaistussuunnitelma DIALux-valaistussuunnitteluohjelmistolla sekä suunniteltiin valaistuksen ohjaus toteutettavaksi Plejd-valaistuksenohjausjärjestelmällä. Plejd-järjestelmän käyttöönotto kuului myös opinnäytetyöhön. Työssä käytiin läpi suunniteltavista järjestelmistä keskeisimpiä ohjeita, määräyksiä ja standardeja, jotka vaikuttavat järjestelmien suunnitteluun. Tarkoituksena oli, että tästä työstä saisi suuntaa tarvittavien ohjeiden löytämiseen suunnittelua varten.

Suunnitelmista saatiin toteuttamiskelpoiset ja ne valmistuivat ajallaan. Kohteena ollut omakotitalo on valmistunut ja sähköurakointi onnistui luotujen suunnitelmien perusteella varsin hyvin. Rakennuksen 3D-mallintaminen osana valaistussuunnittelua vaati paljon aikaa. Tämän opinnäytetyön jälkeen onnistuin toisessa kohteessa liittämään rakennusliikkeen tekemän 3D-mallin DIALux-valaistussuunnitteluohjelmistoon käyttökelpoisessa muodossa. Tämä nopeuttaa valaistussuunnittelua jatkossa huomattavasti.

## LÄHTEET

1. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. Sähkölaitteistot. Suunnittelu. Hakupäivä 17.9.2024. <https://tukes.fi/sahko/sahkolaitteistot/suunnittelu>.
2. ST 13.31. 2015. Rakennuksen sähköverkon ja pienjänniteliittymän mitoittaminen. Espoo: Sähkötieto ry.
3. Oulun Energia Sähköverkko Oy 2021. Sähköliittymän hinnoitteluperusteet ja rakentamiseen liittyvät ohjeet 22.6.2021 alkaen. Hakupäivä 17.9.2024. [https://www.ouluenergia.fi/globalassets/sahkoliittymän-hinnoitteluperusteet-ja-rakentamiseen-liittyvat-ohjeet--2020\\_uus.pdf](https://www.ouluenergia.fi/globalassets/sahkoliittymän-hinnoitteluperusteet-ja-rakentamiseen-liittyvat-ohjeet--2020_uus.pdf).
4. ST-esimerkit 5 2007. 2. painos. Esimerkkipiirustukset – Asuintalo. Espoo: Sähkötieto ry.
5. ABB 2024. Kuvakaappaus. Tuotekortti. 1-T mittauskeskus jalustalla EVC 50A, IP34, FE. Hakupäivä 17.9.2024. [https://www.asennustuotteet.fi/product/pdf?pdf\\_id=2TQN000086Y0102](https://www.asennustuotteet.fi/product/pdf?pdf_id=2TQN000086Y0102).
6. SFS 6000-4-41:2022. Pienjänniteasennukset. Osa 4–41: Suojausmenetelmät. Suojaus sähköiskulta. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.
7. Oulun Seudun Sähkö. Palvelut urakoitsijalle ja suunnittelijoille. Hakupäivä 26.9.2024. <https://www.oulu.seudunsahko.fi/urakoitsija/sahkourakoitsijan-palvelut.html>.
8. D1 2017. Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry. Espoo: Sähköinfo Oy.
9. SFS 6000-5-52:2022. Pienjännitesähköasennukset. Osa 5–52: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Johtojärjestelmät. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.
10. Sähkösuunnittelua 2019. Mihin tarvitsen sähkösuunnittelijaa? Hakupäivä 25.9.2024. <https://www.sahkosuunnittelua.com/blogimme/category/sahkosuunnittelua7f768279f>.

11. Liikenne- ja viestintäviraston määräys 65 E/2022 kiinteistön sisäverkoista ja teleurakoinnista. Hakupäivä 17.9.2024. <https://www.traficom.fi/fi/saadokset/maarays-65-kiinteiston-sisaverkoista-ja-teleurakoinnista>.
12. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. Aurinkosähköjärjestelmät. Hakupäivä 25.9.2024. <https://tukes.fi/sahko/sahkotyot-ja-urakointi/aurinkosahkojarjestelmat>.
13. SFS 6000-7-722:2022. Pienjännitesähköasennukset. Osa 7–722: Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Sähköajoneuvojen syöttö. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.
14. Motiva 2024. Lämmitysmuodot. Hakupäivä 29.8.2024. [https://www.motiva.fi/koti\\_ ja\\_ asu- minen/energiatehokas\\_ pientalo/lammitysjarjestelman\\_ valinta/lammitysmuodot](https://www.motiva.fi/koti_ ja_ asu- minen/energiatehokas_ pientalo/lammitysjarjestelman_ valinta/lammitysmuodot).
15. Motiva 2024. Maalämpöpumppu. Hakupäivä 29.8.2024. [https://www.motiva.fi/koti\\_ ja\\_ asu- minen/energiatehokas\\_ pientalo/lammitysjarjestelman\\_ valinta/lammitysmuodot/maalam- popumppu\\_ mlp](https://www.motiva.fi/koti_ ja_ asu- minen/energiatehokas_ pientalo/lammitysjarjestelman_ valinta/lammitysmuodot/maalam- popumppu_ mlp).
16. Sol Energy Service. Valaistussuunnittelu. Hakupäivä 17.9.2024. <https://www.solenergy- gyservice.fi/valaistussuunnittelu>.
17. Ensto. Valaistusopas. Suureita ja yksiköitä. Hakupäivä 2.9.2024. <https://www.ensto.com/fi/materiaalit/suunnittelutyokalut/valaistusopas/suureita-ja-yk- sikoita/>.
18. DIALux. Support. FAQ. Hakupäivä 2.9.2024. <https://www.dialux.com/en-GB/frequently-asked-questions>.
19. Plejd. Tietoa Plejdistä. Hakupäivä 2.9.2024. <https://www.plejd.com/fi-fi/tietoja-meista>.
20. Plejd. Tuoteluettelo. Hakupäivä 2.9.2024. [https://brand.plejd.com/downloads/product-catalog/plejd\\_product\\_catalog\\_FI.pdf](https://brand.plejd.com/downloads/product-catalog/plejd_product_catalog_FI.pdf).

21. Plejd. Rasiahimmennin. Tuotekortti. Kuvakaappaus. Hakupäivä 2.9.2024.  
[https://brand.plejd.com/downloads/product-sheet/DIM-01/plejd\\_product\\_sheet\\_DIM-01\\_FI.pdf](https://brand.plejd.com/downloads/product-sheet/DIM-01/plejd_product_sheet_DIM-01_FI.pdf).
22. Lenovo. What is mesh topology? Hakupäivä 2.9.2024. [https://www.lenovo.com/us/en/glossary/mesh-topology/?or-gRef=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F&srsId=AfmBOoqQDKMVI-aaEAwEnDtoclvezxo\\_RRmVaexm7Nlza-9GoMHMyeohz](https://www.lenovo.com/us/en/glossary/mesh-topology/?or-gRef=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F&srsId=AfmBOoqQDKMVI-aaEAwEnDtoclvezxo_RRmVaexm7Nlza-9GoMHMyeohz).
23. IPSHU. What is a mesh network? Valokuva. Hakupäivä 2.9.2024.  
[https://en.ipshu.com/mesh\\_network\\_setup](https://en.ipshu.com/mesh_network_setup).