

samk



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

ALEKSI KARPPINEN

Sähkösuunnittelun projektiohje

SÄHKÖTEKNIIKAN TUTKINTO-OHJELMA
2025

TIIVISTELMÄ

Karppinen, Aleks: Sähkösuunnittelun projektiohje
Opinnäytetyö, AMK
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Tammikuu 2025
Sivumäärä: 43

Opinnäytetyön aiheena oli tehdä sähkösuunnitteluprojektista suunnitteluohje tulevia harjoittelijoita varten Suunnitteluliiga Oy:lle. Tarkoituksena oli luoda kattavat ohjeet siitä, kuinka edetä sähkösuunnitteluprojektissa.

Opinnäytetyössä pureuduttiin suunnitteluprosessin teoreettiseen puoleen lukemalla aiheesta alan julkaisuista, standardeista, haastatteleamalla yrityksessä työskenteleviä suunnittelijoita ja osallistumalla itse suunnittelutyöhön.

Työssä selvennettiin ensin mitä ohjelmistoja mahdollisessa projektissa käytetään, miten itse suunnitteluprosessi etenee, mitä laskelmia ja mitoituksia tulee suorittaa prosessin aikana ja selvennettiin eri dokumenttien tarkoitusperiä.

Opinnäytetyön tuloksena valmistui kattava ohjeistus yritykselle, jossa ohjeistetaan, miten suunnittelu etenee CADMATIC ohjelmistoa käyttäen.

Avainsanat: sähkösuunnittelu, sähköpiirustus, piirrosmerkit, valaistussuunnittelu, aurinkopaneelit, aurinkoenergia

ABSTRACT

Karppinen, Aleksi: Project manual of electrical planning
Bachelor's thesis
Electrical and automation engineering
January 2025
Number of pages: 43

The purpose of this thesis was to create guide about electrical design project for the future trainees at Suunnitteluliiga Oy. The purpose was to create a comprehensive guide on how to go through an electric design project.

Thesis dips into the theoretical aspects of the design project by studying it from industry publications, standards, interviewing my co-workers and participating in the design work.

The work itself clarified first which programs might be used during the process, how the design project itself goes on, what calculations and dimensioning's you have do during the process and it clarifies different documents.

The result of this thesis was to create a comprehensive guide about electrical design projects for the company and provide instructions on how to design process proceeds using the CADMATIC software.

Keywords: electrical wiring design, electrical drawing, graphical symbols, lighting design, solar panels, solar energy

SISÄLLYS

1 ENSIMMÄINEN LUKU/ JOHDANTO	6
2 SUUNNITTELUYLIIGA OY.....	7
3 OHJELMISTOT.....	8
3.1 Microsoft ohjelmistot.....	8
3.2 CADMATIC.....	9
3.2.1 CADMATIC Electrical	9
3.3 Solibri	10
3.4 DIALux evo.....	10
4 SUUNNITTELUPROSESSI.....	11
4.1 Sähkösuunnittelu yleisesti	11
4.2 Tarveselvitys	11
4.3 Hankesuunnittelu.....	12
4.4 Ehdotussuunnittelu	13
4.5 Yleissuunnittelu (laskentasuunnitelmat)	14
4.6 Toteutussuunnittelu	14
5 SÄHKÖTEKNISET LASKELMAT JA MITOITUKSET.....	15
5.1 Kiinteistön huipputeho	15
5.2 Liittymisjohdon mitoitus	17
5.2.1 Jakeluverkkoyhtiön vaatimukset liittymiskaapelille.....	20
5.3 Antenniverkko.....	21
5.3.1 Antenniverkon mitoitus	21
5.4 Valaistus.....	22
5.4.1 Valaistuskalkulaatio.....	23
6 KESKUS JA KESKUSKAAVIOT	24
6.1 Pääkeskus.....	24
6.2 Ryhmäkeskus.....	24
6.3 Pääkaavio.....	24
6.4 Piirikaavio	25
7 DOKUMENTIT JA LUETTELOT	25
7.1 Sähkötyöselostus	25
7.2 Asiakirjaluettelo	25
7.3 Valaisinluettelo	25
7.4 Tasopiirustus	26
7.5 Asemapiirustus.....	26
7.6 Järjestelmäkaaviot.....	27

7.6.1 Aurinkosähköjärjestelmä.....	27
7.6.2 On-grid-järjestelmä	27
7.6.3 Off-grid-järjestelmä	28
7.6.4 Off-grid-järjestelmän akusto.....	29
7.7 Kameravalvontajärjestelmä	30
8 JOHTOPÄÄTÖKSET	30
LÄHTEET.....	32
LIITE 1	34
LIITE 2	35
LIITE 3	36
LIITE 4	38
LIITE 5	39
LIITE 6	40
LIITE 7	42
LIITE 8	43

1 ENSIMMÄINEN LUKU/ JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä tehdään ohjeistus sähkösuunnitteluprojektin läpikäynnistä. Ohjeistuksessa keskitytään siihen, mitä ohjelmistoja suunnitteluprojektissa käytetään, mitä sähkötekniälaskelmia pitää tehdä, että projekti saadaan alkuun ja valmiiksi, miten suunnittelu etenee ja mitä eri suunnittelun vaiheita siihen sisältyy ja mitä eri järjestelmiä suunnitteluprosessiin voi kuulua. Lisäksi mitä dokumentteja ja luetteloita pitää luoda, että projekti saadaan hyväksytysti valmiiksi.

Opinnäytetyö keskittyy pääasiassa pienkiinteistön sähkösuunnitteluun vaikkakin sivuaa hieman isompiakin kiinteistöjä. Liitteissä esiintyvät dokumentit liittyvät loma-asunto projektiin. Loma-asunto on toteutettu off-grid sähköjärjestelmänä.

Projektin lähtökohtana on se, että yritykseltä puuttuu vakiintuneista suunnittelutavoista kertova ohje harjoittelijoita ja uusia suunnittelijoita varten, joten yhdessä Suunnitteluliiga Oy:n kanssa päätimme, että tekisin aiheesta opinnäytetyön.

Lähden tekemään opinnäytetyötä siltä kantilta, että kerään mahdollisimman paljon tietoa vanhemmilta suunnittelijoilta ja kirjallisista lähteistä. Loput tiedoista opettaa itse suunnittelutyö. Aikaisempaa kokemusta, miten suunnittelu-projekti työelämässä etenee ei ole, joten lähes kaikki on uuden oppimista ja itsensä kehittämistä.

Uskon, että opinnäytetyö säästää jatkossa aikaa perehdyttämisessä ja tarjoaa harjoittelijoille hyvän pohjan. Se on mielestäni arvokas lisä yritykselle.

Tässä työssä on käytetty apuna ChatGPT:tä saamaan kirjoittamaani tekstiä luettavampaan muotoon sekä kieliasun tarkastamiseen. Olen tarkastanut tekoälyn avulla luodun tekstin.

Tutkimuksessa keskitytään tarkastelemaan suunnitteluprosessia. Haastatellessa henkilöitä ja kerätessä heidän ammatillisia mielipiteitensä, ei kerätä heidän henkilötietojansa ja heiltä on kysytty suostumus haastatteluun.

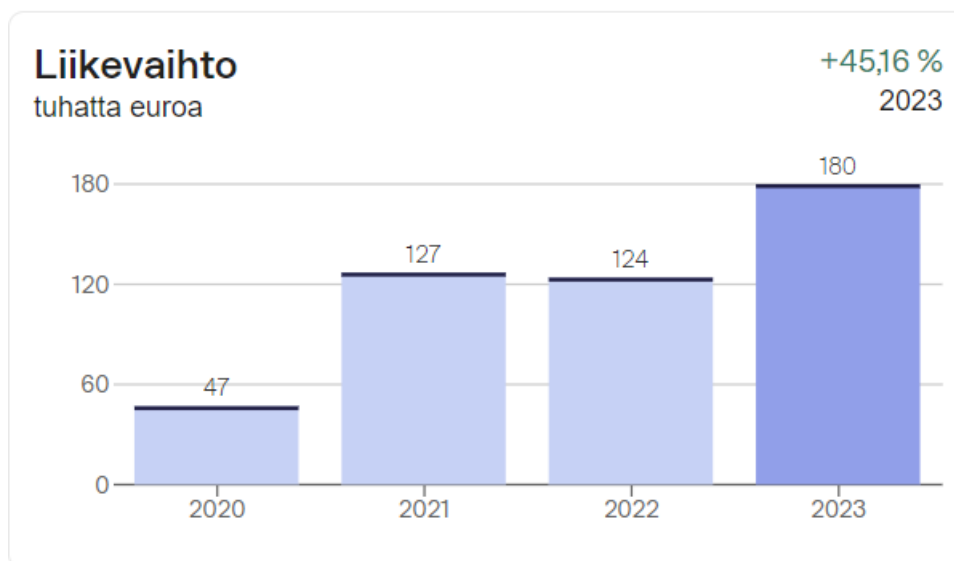
2 SUUNNITTELUYLIIGA OY

Suunnitteluliiga Oy. Yhtiö on perustettu vuonna 2019. Yhtiö tarjoaa palveluita ympäri Suomen. Heidän palveluihinsa kuuluu sähkösuunnittelu, johon kuuluu tele- ja turvajärjestelmät, sähkö tarkastukset, kuntotarkastukset, valvonta, taloautomaatiosuunnittelu ja sähköautojen latauspaikkojen suunnittelu.

Suunnittelukohteina heillä on esimerkiksi:

- Kerrostalot, rivitalot, asuinalueet, pientalot ja huvilat
- Päiväkodit, koulut ja palvelutalot
- Toimistot ja liiketilat
- Kaupat, huoltoasemat ja ravintolat
- Terveyskeskukset, lääkäriasemat ja eläinlääkäriasemat
- Tuotantotilat, maatilat, hallit ja pysäköintirakennukset
- Rakennusten linjasaneeraukset, laajennukset ja peruskorjaukset

Kuvassa 1 on esitetty yrityksen liikevaihdon kasvu vuosittain.



Kuva 1. Liikevaihto (Finder.fi, 2024.)

3 OHJELMISTOT.

3.1 Microsoft ohjelmistot

Sähkösuunnitteluprojektissa tarvitaan Exceliä ja Wordia erilaisten luetteloiden, selostusten ja taulukkolaskentojen laatimiseen. Word on Microsoftin kehittämä tekstinkäsittelyohjelma, jota käytetään projektin aikana erilaisten luetteloiden ja selostusten luomiseen. Sen avulla laaditaan esimerkiksi sähkötyöselostus, muutosluettelo sekä suunnitteluvaiheen ilmoitukset.

Excel puolestaan on Microsoftin taulukkolaskentaohjelma, jota käytetään projektin aikana erilaisten luetteloiden, kuten asiakirja- ja valaisinluetteloiden, laatimiseen. Excelillä tehdään myös laskelmia, kuten kiinteistön huipputehon, oikosulkuvirtojen ja antennijärjestelmien desibelihäviöihin liittyen.

Teams on Microsoftin kehittämä viestintäsovellus. Sen avulla voit muun muassa pitää kokouksia, keskustella joko yksityisesti tai luoda ryhmächatin. Teams'in avulla voit jakaa tiedostoja OneDrivestä keskusteluihin tai kokouksiin. Nykyään suuri osa kokouksista pidetään Teams'in välityksellä, jolloin

kaikki voivat kokousta esim. suoraan omalta toimistoltaan käsin ja näin ollen säästää työaikaa.

3.2 CADMATIC

3D-laitossuunnitteluohjelman kehitys alkoi jo 1980-luvulla, kun CADMATIC emoyhtiö Elomatic Oy käynnisti projektin. Ensimmäinen pilottiprojekti, joka hyödynsi uutta 3D-teknologiaa, oli niin merkittävä parannus tehokkuudeltaan ja toiminnaltaan, että 1990-luvun alussa perustettiin CADMATIC Oy. Yhtiön tehtäväksi tuli CADMATIC 3D -ohjelman markkinointi ja kehittäminen. (CADMATIC, 2024).

Samoihin aikoihin CADMATIC aloitti yhteistyön Numeriek Centrum Groningen B.V:n kanssa, tarkoituksenaan kehittää 3D-suunnitteluratkaisuja laivanrakennusteollisuuden tarpeisiin. Vuonna 2015 CADMATIC osti Numeriek Centrum Groningen B.V:n osakkeet ja liiketoiminnan, ja ohjelmistojen nimet yhtenäistettiin CADMATIC-nimen alle. (CADMATIC, 2024.)

Vuonna 2019 CADMATIC laajensi toimintaansa hankkimalla Kyndata-yhtiön ja heidän CADS-ohjelmistonsa, joka oli tarkoitettu sähkö- ja automaatio suunnitteluun. Tällöin CADMATIC:in liiketoiminta jaettiin kolmeen pääalueeseen: meriteollisuus, prosessiteollisuus ja rakennusteollisuus. (CADMATIC, 2024.)

Vuonna 2022 CADMATIC osti koko osakekannan Computer Line Associatesilta, jonka myötä heidän SaaS-pohjainen materiaali- ja rakennushallintaohjelmistonsa ja suunnittelutiedon hallintaratkaisut tulivat osaksi CADMATIC:in tuotevalikoimaa. (CADMATIC, 2024.)

3.2.1 CADMATIC Electrical

CADMATIC Electrical on markkinoiden laajin sähkösuunnitteluohjelmisto, joka on nimenomaan kehitetty sähkösuunnittelijoiden tarpeisiin. (CADMATIC,

2024.) Kyseistä ohjelmistoa käytetään Suunnitteluliiga Oy:n sähkösuunnittelu-
projektien toteuttamiseen.

CADMATIC Electrical on sähkö- ja automaatiosuunnitteluohjelmisto, joka tarjoaa tehokkaan ratkaisun tietomallipohjaiseen (BIM) rakennussähkösuunnitteluun. (CADMATIC, 2024.) Tietomallipohjaisella suunnittelulla tarkoitetaan sitä, kun kuva esitetään kolmiulotteisesti digitaalisessa muodossa.

CADMATIC Electrical:lla voidaan mm. luoda myös keskus- ja piirikaaviota. Sillä pystytään myös suoraan luomaan projektissa tarvittavia dokumentteja, kuten valaisinluettelo, asiakirjaluettelo jne.

3.3 Solibri

Solibri on tietomallinnuksentarkastelu ohjelmisto, jolla yhdistetään eri toimialojen tietomallit yhdeksi malliksi. Tietomallissa kaikki laitteet on tietomallinnettu eli laitteen tyypit on yksilöity ja tietomallissa pääset tarkastamaan kyseisen laitteen tietoja. Yhdistelmämallia tarkastellaan ja sen pohjalta löytyneistä ongelmakohtista keskustellaan osapuolten kesken. (Solibri, 2024.)

Projekteissa se toimii yleensä suunnittelun apuvälineenä ja sillä suoritetaan törmäystarkastelu muiden suunnittelualojen välillä. Vastaavanlaisia tietomallinnus ohjelmistoja on useita, mutta tässä työssä on käytetty kyseistä ohjelmistoa.

3.4 DIALux evo

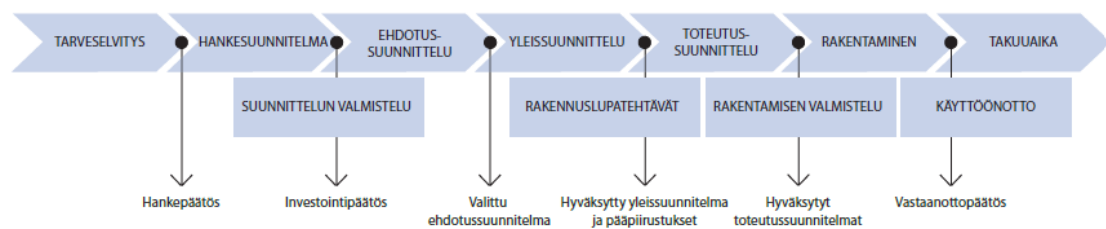
DIALux evo on DIAL-yhtiön kehittämä valaistuslaskentaohjelma, jota on kehitetty vuodesta 1994 lähtien. Ohjelmisto on ilmainen ja saatavilla 26 eri kielellä, mukaan lukien suomi. DIALux evo:n avulla voidaan suunnitella, laskea ja visualisoida valaistusratkaisuja sekä sisä- että ulkotiloihin. (DIALux, 2024.)

4 SUUNNITTELUPROSESSI

4.1 Sähkösuunnittelu yleisesti

Sähkösuunnittelua tarvitaan, kun rakennus tai kiinteistö tarvitsee sähköenergiaa toimiakseen. Nykyään laitteiden, järjestelmien, kiinteistöjen- ja rakennusten suunnitteluun liittyy tietotekniikkaa ja tiedonsiirtoa. Sähkösuunnittelun tarkoituksena on sähkötekniikan ymmärtäminen ja soveltaminen käytännön tarpeisiin. (Harsia ym. 2004, s. 9.)

Sähkösuunnittelulla tarkoitetaan sähköjärjestelmien ja sähkötekniisten tietojärjestelmien suunnittelua, joka on tarpeen valmiin kokonaisuuden rakentamiseksi. Yhteen sähkösuunnitteluprosessiin voi osallistua useampi suunnittelija. (Harsia ym. 2004, s. 9.)



Kuva 2. Rakennushankkeen vaiheet. (RT 10-11224,2016, s.1.)

4.2 Tarveselvitys

Tarveselvityksen tarkoitus on kartoittaa omistajan, käyttäjän ja muiden tilanhankkeen kannalta oleellisten osapuolten tarpeista tiloille. Tarkoituksena on tarkentaa tilankäyttötarpeita ja arvioida hankkeen aikataulua. (ah.turku.fi, 2024.) Tarveselvityksessä tehdään selvitykset, joissa perustellaan hankkeen tarpeellisuus, kuvataan tilat, arvioidaan vaihtoehdot ja ratkaisujen edullisuus. (Harsia ym., 2004, s. 55.) (RT 10-11290, s.1.)

Erilaisia lähtö- ja perustietoja tarvitaan aina ja ne olisi syytä selvittää mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Perus- ja lähtötiedot vaikuttavat merkittävästi budjettiin, aikatauluihin ja lupa-asioihin. Tarvittavia perustietoja ovat mm.

hallintaoikeus, lupa-asiat, tontin ominaisuudet, maaperä, kaava, rakennuksen pinta-ala tiedot jne. Tarvittavia lähtötietoja ovat esim. toiminnankuvaus, henkilöstömäärä, koneet, laitteet, käyttöajat jne. (Harsia ym. 2004, s. 55.)

Käyttäjän tarveselvitys perustuu tilantarpeeseen ja tästä käytetään nimitystä tilatarveselvitys. Selvityksessä kuvataan esim. arvio tulevaisuudesta, tiloille asetettavat tavoitteet, sijainti, saavutettavuus, autopaikat, toiminta jne. (Harsia ym. 2004. s.57.)

Tarveselvityksestä vastaa rakennuttaja ja siinä ei ole ennalta määritettäviä vaiheita sähkösuunnittelulle. Sähkösuunnittelijaa voidaan kuitenkin käyttää, jos tarvitaan taloudellisia laskelmia, jotka liittyvät hankkeen investointi- ja käyttökustannuksiin. Sähkösuunnittelija voi myös auttaa energianhankinnan ja käyttöön liittyvissä peruskysymyksissä. Tarveselvityksessä ei tuoteta ennalta määritettyjä dokumentteja, vaan lopputulemana on luoda hankepääätös. (Harsia ym. 2004, s.57–58.)

4.3 Hankesuunnittelu

Hankesuunnittelun tarkoitus on asettaa rakennushankkeelle sen laajuutta, toimivuutta, kustannuksia, ajoitusta ja ylläpitoa koskevat tavoitteet. (RT 10-11290, s. 1.) Hankesuunnitteluvaiheen päätarkoitus on siis asettaa kustannustavoite, sillä kustannuksiin on tällöin helpoin vaikuttaa. (RT 10-11226, 2016, s. 3.)

Tässä vaiheessa eri osapuolten suunnittelijat tekevät yhdessä lähempää tarkastelua hankkeelle. Tämän tarkoituksena on määritellä rakennuksen toiminnallisia ominaisuuksia ja sen myötä tarkentaa kustannusarviota projektille. (Harsia ym. 2004, s. 58.)

Hankesuunnittelun tulosten perusteella tilaaja valitsee rakennuksen ominaisuudet. Tällöin päätetään mitä ominaisuuksia rakennukseen halutaan. Jos

kustannukset tässä kohtaa osoittautuvat liian korkeiksi, niin niitä muutetaan siten, että kustannukset saadaan halutulle tasolle. (RT 10-11226, 2016, s. 3.)

Sähkösuunnittelun osalta mitään lopullisia ratkaisuja ei vielä esitetä, vaan määritetään kohteeseen sähköteknillisillä järjestelmillä toteutettavat tai toteutettavissa olevat toiminnot ja ominaisuudet. Tässä kohtaa myös määritellään yleensä alustavasti tekniset päätilat ja niiden vaihtoehtoisijainnit. (ST 13.28, 2020, s. 10.) Sähkösuunnittelija voi myös tällöin osallistua kokouksiin ja selvittää järjestelmä valintojen merkitystä kiinteistölle. (Harsia ym. 2004, s. 59.)

Hankesuunnittelu vaiheen lopputulemana on määrittää tavoitekustannus ja luoda budjetti riskirajoineen. Tästä muodostuu investointipäätös. (RT 10-11226, 2016, s. 3.)

4.4 Ehdotussuunnittelu

Ehdotussuunnittelu vaiheessa tarkistetaan hankesuunnitelman tavoitteet ja tarkoituksena on luoda vaihtoehtoisia suunnitteluratkaisuja, joista rakennuttaja voi valita mikä suunnitelma olisi paras lopputuleman kannalta. (RT 10-11226, 2016, s. 3.)

Tässä vaiheessa rakennuttajan tehtävänä on asettaa vähintään seuraavat suunnittelutavoitteet.

- suunnittelu- ja vastuurajat
- suunnitteluaiakataulu
- suunnittelun ohjausmenettely
- tietoturva-asiat dokumentointien käsittelyssä
- laatu järjestelmän käyttö
- käyttö- ja huoltosuunnitelman laatimisperiaatteet
- käytettävät ohjelmistot
- CAD-piirtämisohteet
- tiedonsiirto, tulostukset ja tietokantojen käyttö. (Harsia ym. 2004, s. 63.)

Sähkösuunnittelun osalta laaditaan seuraavia alustavia dokumentteja

- tavoitteidenhallintaraportti
- asemapiirustus
- selvitys liityntätavasta ja reitistä

- varustelaajuus (ST 13.28, 2020, s. 10.)

4.5 Yleissuunnittelu (laskentasuunnitelmat)

Yleissuunnittelun tarkoituksena on luoda rakennushankkeen alustavat dokumentit ja luoda toteutuskelpoiset suunnitelmat jatkosuunnittelua varten. Tällöin määritetään tila- ja suojausluokitukset, valaistusratkaisut, ryhmitysalueet, maadoitusjärjestelyt, jakelujärjestelmät, mittaukset, järjestelmäkaaviot, ohjausjärjestelmät, ohjausjärjestelmät, häiriölähteet ja suojausperiaatteet. Valmiit yleissuunnitelmat hyväksytetään tilaajalla. (ST 13.28, 2020, s. 10.)

Tarkoitus on luoda sellaiset asiakirjat, että maallikollekin selviää mitä he ovat saamassa ja mitkä ovat suunnittelun tavoitteet. Tässä vaiheessa rakennuttaja arvioi yhdessä käyttäjän ja suunnittelijoiden kanssa eri vaihtoehtoja ja tavoitteita. (Harsia ym. 2004, s. 65.)

Sähkösuunnittelun puolelta laaditaan seuraavia dokumentteja

- tekstimuotoiset järjestelmäkuvaukset (sähkötyöselostus)
- asemapiirros
- tasopiirrustukset
- pistekuvat
- johtotiet
- nousujohtokaavio
- keskusten pääkaaviot
- maadoituskaavio
- järjestelmäkaavio
- alustavat laite- ja valaisinluettelot. (ST 13.28, 2020, s. 10.)

Liitteessä 1 on esitetty esimerkki piirrosmalli yleissuunnitteluvaiheen sähkötasopiirrustuksesta.

4.6 Toteutussuunnittelu

Toteutussuunnittelun tarkoituksena on laatia tarvittavat asiakirjat ja piirrustukset, sekä laatia niin yksityiskohtainen suunnitelma, että sen perusteella pystytään määrittämään sähkötöiden laajuus ja muut kustannuksiin vaikuttavat tekijät. Painopiste on tällöin sähkötyöselostuksen laatimisessa, tilakohtaisessa suunnittelussa ja mitoituslaskelmien tekemisessä. (Harsia ym. 2004, s. 66.)

Sähköjärjestelmien suunnittelussa laaditaan tai tarkennetaan seuraavia kohtia

- jakelureitit- ja järjestelmät
- johtotiet
- keskusten piirikaaviot
- elementtisuunnittelu
- reikäkuvat
- päivitetään keskukset keskusvalmistajan antamien speksien mukaan
- toimintaselostus piirikaavioihin
- jakelualueet
- maadoitus- ja potentiaalitasausjärjestelmä
- teho- ja mitoituslaskelmat
- ohjausratkaisut
- valaistus ja niiden sijoitus
- lopullinen pistesijoittelu
- ryhmytykset ja johdotukset
- määritellään asennustavat (Harsia ym. 2004, s. 67.) (ST 13.28, 2020, s. 10.)

5 SÄHKÖTEKNISET LASKELMAT JA MITOITUKSET

5.1 Kiinteistön huipputeho

Ennen kiinteistön huipputehon laskentaa tarvitaan LVI-kuvat ja tietoja minkä suuruista sähkökuormaa kiinteistöön on tulossa. Nykyään sähköautojen latausjärjestelmät voivat merkittävästi nostaa kiinteistöjen huipputehoa, joten on tärkeää selvittää etukäteen, asennetaanko kiinteistöön tällainen järjestelmä vai ei. Asuinkiinteistössä, jossa lämmitys tuotetaan kaukolämmöllä, voidaan yleensä lähteä liikkeelle huipputehon laskennasta.

Kiinteistön huipputehon laskenta määrittää kiinteistön pääsulakkeiden koon ja liittymisjohdon poikkipinta-alan. Huipputehoa määrittäessä pitää huolehtia siitä, ettei valittua pääsulakkeiden nimellisvirtaa tai huipputehoa ylitetä edes hetkellisesti, vaikka sulakkeet ja komponentit sen kestäisivätkin. (ST13.31, s.3.)

Kiinteistönhuipputehoa laskiessa on otettava huomioon kaikki laitteet, jotka eivät ole käytössä samanaikaisesti. Huomioitavaa on myös rakennuksen niin sanottu varalämmitysjärjestelmä, sekä yksittäisten koneiden etusulakevaatimukset, koska valmistaja on voinut määrittellä suuremmat etusulakkeet kuin laskennallisesti pystytään kyseisestä laitteesta tehon puolesta laskemaan. Pienemmissä liittymissä tällä voi olla suurikin merkitys ja pääsulake kokoa joudutaan kasvattamaan sen takia. (ST 13.31, sivu 4.)

Huipputehojen laskentamallit perustuvat 1980-luvulla tehtyihin asuinrakennusten kuormitusmittausten tuloksiin. Kuvassa 3 on esitetty Suomen sähkölaitosyhdistyksen, esittämä kokemusperäinen laskentamalli asuinrakennuksen huipputehon laskentaan. (ST 13.31, sivu 4.)

Asuinrakennukset	Huipputeho ⁽¹⁾ [kW]	Huomautuksia
Kerros- ja rivitalot		A on kerrosala [m ²]
– ilman kiukaita	$P_h = B + 17 \times A / 1000$ (B = 65 kW)	Yhtälöt soveltuvat kohteisiin, joissa vähintään 15 asuntoa ja kerrosala väh. 2500 m ² . Pienemmissä taloissa B korvataan arvolla $B_x = (A_{tod}/2500) \times B \geq 30$
– huoneistokohtaiset sähkökiukaat	$P_h = B + 24 \times A / 1000$ (B = 90 kW)	
Pienet rivitalot ⁽²⁾		A on lämmitetty pinta-ala [m ²]
– ei sähkölämmitystä, mutta sähkökiuas	$P_h = 30 + 26 \times A / 1000$	
– suora sähkölämmitys, kiuas	$P_h = 30 + 64 \times A / 1000$	– käyttövedenlämmitys jatkuvasti tai yöllä
– suora sähkölämmitys ⁽³⁾	$P_h = 30 + 49 \times A / 1000$	– käyttöveden lämmitys yöllä
Omakotitalot		A on lämmitetty pinta-ala [m ²]
– ei sähkölämmitystä, mutta sähkökiuas	$P_h = 7,5 + 26 \times A / 1000$	
– suora sähkölämmitys ja sähkökiuas	$P_h = 7,5 + 64 \times A / 1000$	– käyttöveden lämmitys jatkuvasti tai yöllä
– suora sähkölämmitys ⁽³⁾	$P_h = 7,5 + 49 \times A / 1000$	– käyttöveden lämmitys yöllä
Paikoitusalueet: $P_{paikoitus} = 10 \text{ kW} + 0,5 \text{ kW/paikka} \times n_{auto}$ (n_{auto} = lämmitettyjen autopaikkojen lukumäärä) ⁽⁴⁾ Paikoitusalueet sähköajoneuvojen vähimmäisarvoksella $P_{paikoitus} = 10 \text{ kW} + 1,0\text{--}3,0 \text{ kW/latauspiste}^{(7)} \times n_{auto}$ (n_{auto} = sähköistettyjen autopaikkojen lukumäärä) ⁽⁵⁾ Sähköajoneuvojen lataus: $P_{sähköajoneuvojen \text{ lataus}} = \frac{\text{haluttu ajosuorite latauskerralla (km)} \times 0,20 \text{ kWh/km} \times n_{auto}^{(6)}}{\text{latauskerran aika h}}$		
HUOM. Käytettäessä älykästä sähköajoneuvojen latausjärjestelmää, voi olla mahdollista jättää latausjärjestelmän vaikutus huipputehoon kokonaan huomioimatta, jos kohteen käyttäjien tarpeet ja kohteen sähköliittymän vapaa energiakapasiteetti oletettuna latausaikana mahdollistavat tämän. Tällainen energiakapasiteetin tarkastelu soveltuu lähinnä pitkien latausaikojen kohteisiin, kuten asuin- ja liikennekohteisiin. Katso tämän kortin luku 4.5.6, kortti ST 51.90. Sähköauton lataaminen ja latauspisteiden toteutus sekä ST-käsikirja 41 Sähköautot ja latausjärjestelmät.		
Huomautukset: Liittymisjohdon virtaa määritettäessä tulee huomioida kuormituksen tehokerroin $\cos \phi$. Jos loistehon osuus on vähäinen, voidaan arvioida, että $\cos \phi = 0,96$. Tehokertoimen määrityksen lähtötietona voidaan käyttää myös paikallisen verkkoyhtiön loistehonhoitoa ja loistehon ilmaisuutta. Lineaarisia laskentamalleja käytettäessä tulee myös huomioida, että kuormitukset noudattavat erittäin harvoin normaalijakaamaa. Tietyt tehon ylitystodennäköisyyden arvioiminen on siis hyvin haastavaa tai jopa mahdotonta, jos käytettävissä ei ole muita tietoja kuin rakennuksen tyyppi ja arvio pinta-alasta.		

Kuva 3. Kokemusperäiset laskentamallit. (ST 13.31, s 5, 2021.)

Edellisessä kuvassa esitetyt kokemusperäiset laskentamallit eivät päde, kun mitoitetaan esim. koulu-, toimitila-, tai tuotantorakennusten huipputehoa. Tämä johtuu siitä, että rakennuksiin asennettava laitekanta ja niiden käyttötarkoitus voivat poiketa toisistaan huomattavasti. Esim. koulu- ja

toimistorakennuksista merkittävimmät kulutuskohteet ovat valaistus ja LVI-laitteet. Toimistorakennuksissa tietotekniikkalaitteet ja muiden toimistossa käytettävien laitteiden osuus tehosta on huomattavan suuri. Tällöin sähköliittymän koon mitoituksessa voidaan laskea valaisin-, koje- ja laiteluetteloiden perusteella tarvitsema sähköteho. (ST 13.31, sivu 8.)

Kaavassa 2. esitetään huipputehon laskentamalli toimitila- ja tuotantotiloille.

$$P_M = P_x * (P_{valaistus} + P_{laitteet} + P_{SLK} + P_{LVIA} + P_{muut}), \text{ jossa}$$

$$P_M = \text{Mitoittava sähköteho.}$$

P_x = kerroin, jolla varaudutaan esim. tiedossa olevista laajennuksista ym. johtuvaan sähkötehon kasvuun. Jos varaudutaan esimerkiksi 10% kasvuun, kerroin on 1,10.

$P_{valaistus}$ = yhteenlaskettu teho saadaan valaisinluettelosta.

$P_{laitteet}$ = yhteenlaskettu teho saadaan laiteluettelosta.

P_{SLK} = Sähkölämpökuorma.

P_{LVIA} = yhteenlaskettu sähköteho, joka saadaan LVIA – kojeluettelosta.

P_{muut} = mahdolliset muut suuren tehon omaavat kuormitukset. (1)

5.2 Liittymisjohdon mitoitus

Eri määräyksissä, standardeissa ja ohjeissa on annettu reunaehdot koskien liittymisjohtoja. Liittymisjohdon poikkipinta-alaa valittaessa tulee huomioida seuraavat tekijät:


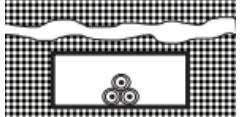

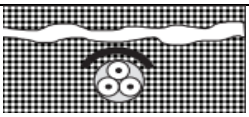
- suojausehtoien toteutuminen
- jännitteenalenema johdon päässä
- jakeluverkkoyhtiön kaapelisuositukset
- johdon kuormitettavuus. (ST 13.31, s. 14, 2021.)

Liittymisjohdon mitoitus riippuu myös johdon kokonaispituudesta ja syöttävästä jakeluverkosta. Sähkösuunnittelijan tuleekin toimittaa








sähköverkkoyhtiölle johdon mitoituksessa tarvittavat tiedot. Kuormitettavuuteen vaikuttavia tekijöitä on:

- liittymän huipputeho
- suojalaitteiden nimellisarvot
- yliaallot. (ST 13.31, s. 14, 2021.)

Liittymisjohdon kuormitettavuus määritetään asennusreitien epäedullisimman pisteen mukaan. Kuormitettavuuteen vaikuttaa esim. paksut eristeet, onko johto asennettu putkeen vai suoraan maahan ja ympäristön lämpötila. Nämä tekijät pienentävät johtimen kuormitettavuutta. (ST 13.31, s. 14, 2021.)






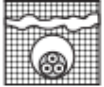

Kohta numero	Asennustapa	Kuvaus	Referenssi-asennustapa, jota käytetään kuormitettavuuden määrittämisessä (kuvat 4 ja 5)
70		Monijohdinkaapeli umpinaisessa johdotkanavassa tai putkessa maassa.	D1
71		Yksijohdinkaapelit umpinaisessa johdotkanavassa maassa.	D1
72		Vaipalliset yksi- tai monijohdinkaapelit suoraan maassa ilman mekaanista suojaa.	D2
73		Vaipalliset yksi- tai monijohdinkaapelit suoraan maassa mekaanisella lisäsuojalla.	D2

Kuva 4. Esimerkkejä asennustavoista. (SFS 6000-5-52:2022, s. 24.)

Johtimen nimellis- poikkipinta mm ²	A1	A2	B1	B2	C	D1	D2
							
1	2	3	4	5	6	7	8
Kupari							
1,5	13,5	13	15,5	15	17,5	18	19
2,5	18	17,5	21	20	24	24	24
4	24	23	28	27	32	30	33
6	31	29	36	34	41	38	41
10	42	39	50	46	57	50	54
16	56	52	68	62	76	64	70
25	73	68	89	80	96	82	92
35	89	83	110	99	119	98	110
50	108	99	134	118	144	116	130
70	136	125	171	149	184	143	162
95	164	150	207	179	223	169	193
120	188	172	239	206	259	192	220
150	216	196	262	225	299	217	246
185	245	223	296	255	341	243	278
240	286	261	346	297	403	280	320
300	328	298	394	339	464	316	359
Alumiini							
2,5	14	13,5	16,5	15,5	18,5	18,5	
4	18,5	17,5	22	21	25	24	
6	24	23	28	27	32	30	
10	32	31	39	36	44	39	
16	43	41	53	48	59	50	53
25	57	53	70	62	73	64	69
35	70	65	86	77	90	77	83
50	84	78	104	92	110	91	99
70	107	98	133	116	140	112	122
95	129	118	161	139	170	132	148
120	149	135	186	160	197	150	169
150	170	155	204	176	227	169	189
185	194	176	230	199	259	190	214
240	227	207	269	232	305	218	250
300	261	237	306	265	351	247	282

HUOM. Sarakkeissa 3, 5, 6, 7 ja 8 oletetaan johtimien olevan pyöreitä poikkipinta-alaan 16 mm² saakka. Suuremmilla poikkipinta-aloilla arvot viittaavat muun muotoisiin johtimiin ja niitä voi turvallisesti käyttää pyöreisiin johtimiin.

Kuva 5. PVC-eristeisten johtimien kuormitettavuus ampeereina. (SFS 6000-5-52:2022, s. 39.)

Johtimen nimellis- poikkipinta mm ²	A1	A2	B1	B2	C	D1	D2
							
1	2	3	4	5	6	7	8
Kupari							
1,5	17	16,5	20	19,5	22	21	23
2,5	23	22	28	26	30	28	30
4	31	30	37	35	40	36	39
6	40	38	48	44	52	44	49
10	54	51	66	60	71	58	65
16	73	68	88	80	96	75	84
25	95	89	117	105	119	96	107
35	117	109	144	128	147	115	129
50	141	130	175	154	179	135	153
70	179	164	222	194	229	167	188
95	216	197	269	233	278	197	226
120	249	227	312	268	322	223	257
150	285	259	342	300	371	251	287
185	324	295	384	340	424	281	324
240	380	346	450	398	500	324	375
300	435	396	514	455	576	365	419
Alumiini							
2,5	19	18	22	21	24	22	
4	25	24	29	28	32	28	
6	32	31	38	35	41	35	
10	44	41	52	48	57	46	
16	58	55	71	64	76	59	64
25	76	71	93	84	90	75	82
35	94	87	116	103	112	90	98
50	113	104	140	124	136	106	117
70	142	131	179	156	174	130	144
95	171	157	217	188	211	154	172
120	197	180	251	216	245	174	197
150	226	206	267	240	283	197	220
185	256	233	300	272	323	220	250
240	300	273	351	318	382	253	290
300	344	313	402	364	440	286	326

Kuva 6. PEX-eristeisten johtimien kuormitettavuus ampeereina. (SFS 6000-5-52:2022, s. 39.)

5.2.1 Jakeluverkkoyhtiön vaatimukset liittymiskaapelille

Eri jakeluverkkoyhtiöllä on erilaisia suosituksia ja määräyksiä koskien liittymiskaapelia. Jakeluverkkoyhtiö voi esimerkiksi määrittää minimi poikkipinta-alan liittymiskaapelille. (ST 13.31, s 14.)

Esimerkiksi Caruna ohjeistaa, että heidän Liittymisjohtoinansa käytetään pääsääntöisesti 4 johdinkaapeleita (AXMK). Liittymisjohto mitoitetaan muuten

liittymän koon mukaan, paitsi uusilla liittymillä johdinpoikkipinta-ala on oltava vähintään 25 mm² alumiinijohdin tai 16 mm² kuparijohdin. Liittymisjohdon suositeltu kokonaispituus olisi enintään 100 metriä. (caruna.fi, 2024.)

Jos liittymisjohto on erityisen pitkä (yli 100 m) tai liittymä sijaitsee kaukana syöttävästä muuntamosta, on pienilläkin liittymillä käytettävä johdinkokoa 4*50 mm². (caruna.fi, 2024.)

5.3 Antenniverkko

Antenniverkolla tarkoitetaan sitä, kun asuin-, -toimitila-, -tai julkisen kiinteistön sisäverkon päätelaitteet ovat liitetty koaksaalikaapeloinnilla ja/tai optisella kaapeloinnilla joukkoviestintäverkkoon. (M 65 E/2022, s.5.)

Kiinteistöjen kaapelointi sisäverkkojen suhteen on rakennettava jokaisen jakamon suhteen tähtimäisesti. Tätä kutsutaan tähtiverkoksi. Jos asuinkiinteistöön uusitaan sisäverkko, on tällöin jokaiseen asuinhuoneistoon rakennettava uusi runko- ja kotikaapelointi. (M 65 E/2022, s.6.)

Runkokaapelointi on yleisnimitys talojakamon ja kotijakamon väliselle kaapeloinnille. Kotikaapelointi tarkoittaa sisäverkon kaapelointia. Tämä yhdistää siis data- ja antennirasiat kotijakamoon. (M 65 E/2022, s.5.)

5.3.1 Antenniverkon mitoitus

Käytettäessä joukkoviestintäverkkoa tai kaapelitelevisioverkkoa tulee antenniverkon mahdollistaa palveluiden jakaminen antennirasioihin 5–1218 MHz taajuusalueella. (M 65 E/2022, s.9.)

Antenniverkon toiminnan kannalta on oleellista, että kaikkiin antennirasioihin saadaan sopivat signaalitasot. Vaimennuksen ollessa liian suuri tv-kuva ei näy. Jos taas vaimennus on liian suuri voi se häiritä vastaanottimen toimintaa. (ST Käsikirja 12, s 86.)

Antenniverkon vaimennus 1000MHz taajuudella saa olla korkeintaan 45 desibeliä ja 47MHz taajuudella sen pitää olla vähintään 25 desibeliä. Eli vaimennus vahvistimelta antennirasiaan ei saa missään kohtaan ylittää 45 desibeliä eikä alittaa 25 desibeliä. (ST käsikirja 12, sivu 87.)

Jaottimet, haaroittimet ja antennirasiat on toteutettu niin, että vaimennus on niiden koko toimintakaistalla lähes sama. Kaapelit sen sijaan vaimentavat korkeita taajuuksia, kuin mataliakin taajuuksia. (ST Käsikirja 12, sivu 87.)

Uuden antenniverkon signaaleiden tasoero 47–1000 MHz:n alueella saa olla 15 desibeliä. Käytännössä tämä rajaa kaapelivetojen pituutta tietyillä kaapelityypeillä. (ST Käsikirja 12, sivu 87.) Saneeratun kohteen signaaleiden tasoero saa olla 18 desibeliä. (M 65 E/2022, s.9.)

Yksinkertaistettuna jaottimien, haaroittimien ja kaapeleiden aiheuttamat desibeli vaimennukset lasketaan yhteen ja näin ollen syntyy kokonaisvaimennus. Raja-arvot laskelmille on mainittu edellisissä kohdissa. Liitteessä 2 on esitetty tähtimäisen antenniverkon rakenne.

5.4 Valaistus

”Valaistuksen tehtävänä on luoda miellyttävä työskentely- tai oleskeluympäristö, jotta näkeminen olisi vaivatonta. Riittämätön tai liian voimakas valaistus vaikeuttaa näkemistä.” (ST 58.04, s 3.)

Kohteen valaistus toteutetaan yhdessä arkkitehdin, asiakkaan, sähkösuunnittelijan ja mahdollisen sisustajan kanssa niin, että valaistukselle saadaan haluttu lopputulos. Valaistussuunnittelun tarkoituksena on siis luoda sellainen valaistus, että se täyttää standardeissa esitetyt vaatimukset. Tarkoitus on myös täyttää omistajien, arkkitehdin ja muiden alojen asettamat tavoitteet reunaehdoin. (ST 58.04, s10.)

5.4.1 Valaistuslaskenta

Valaistuslaskennassa DIALux toimii valaistussuunnittelun apuvälineenä. Suunnittelija tehtäviin kuuluu valaistusjärjestelmän valinta ja sen alustava mitoitus, eli valaistusperiaate on hahmoteltu ennen laskennan aloitusta. DiaLux:ia käytetäänkin valaistussuunnitelman tarkistamiseen ja hienosäätöön. (ST 58.03, s 2.)

Laskettaessa sisätilojen valaistusta voidaan valaistuslaskentaohjelman avulla tarkastaa, että se täyttää standardin EN 12464-2 vaatimukset, joita ovat:

- valaistusvoimakkuus
- valaistusvoimakkuuden yleistasaisuus
- GR-arvo (estohäikäisyn luokitusluku). (ST58.03, s.2.)

Tila tehtävä tai toiminta	\bar{E}_m lx		U_0	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	Erityis- vaatimukset
	vaadittu	muutettu							
Käytävät, joissa kulkee ihmisiä	150	200	0,40	60	25	-	50	30	Valaistusvoimakkuus lattiatasolla
Varastotilat	100	150	0,40	80	25	50	50	30	200 lx, jos työskentely on jatkuvaa
Metalliteollisuus, tavallinen kokoonpanotyö	300	500	0,60	80	25	75	75	30	
Toimisto, kirjoittaminen, lukeminen, tietojenkäsittely	500	1000	0,60	80	19	150	150	100	Valaistuksen olisi oltava säädettävä
Julkisten tilojen odotusaulat	200	300	0,40	80	22	75	75	50	
Luokahuoneet, opetustilat	500	1000	0,60	80	19	150	150	100	Valaistuksen olisi oltava säädettävä eri toimintoja varten

Kuva 7. Esimerkkejä standardissa SFS 12464-1 annetuista valaistuksen määrän ja laadun raja-arvoista eri alueille, tehtäville ja toiminnoille. (ST 58.02, s.12.)

Laskentaohjelmilla suoritettujen laskentatulosten suurin epävarmuustekijä on luultavimmin heijastuskertoimet. Esim. heijastuskertoimen muuttaminen epäsuorasti valaistuun tilaan, muuttaa tulosta hyvin paljon. (ST 58.03, s.6.)

Liitteessä 3 on esitetty halli projektin valaistussuunnittelu ja siihen liittyvät valaistuslaskennat, jotka on tuotettu Dialuxia käyttäen.

6 KESKUS JA KESKUSKAAVIOT

6.1 Pääkeskus

Pääkeskus on kiinteistön keskus mihin kiinteistön sähköliittymiskaapeli kytketään. Pääkeskus toimii valtakunnanverkon ja kiinteistön erotuspisteenä. Pääkeskus sisältää mm. pääkytkimen, pääsulakkeet, sähkönkulutusmittauksen ja alakeskuksille ja muille kulutuspisteille lähtevät sulakkeet. Pääkeskuksen tehtävänä on syöttää kiinteistön alakeskuksia, kuten mittarikeskuksia, ryhmäkeskuksia, nousukeskuksia jne.

6.2 Ryhmäkeskus

Ryhmäkeskus toimii pääkeskuksen alakeskuksena. Ryhmäkeskuksen tehtävä on syöttää sähköä kulutuspisteille (valaisimet, pistorasiat jne.). Ryhmäkeskus sisältää minimissään pääkytkimen ja sulakelähdöt kulutuspisteille.

6.3 Pääkaavio

Keskuksen pääkaavio tulee sisältää kaikki pääpiirien laitteet ja tunnuksot sekä riittävä informaatio ohjauspiirien tunnistamiseksi. Pääkaavioon tulee merkitä laitteet, joilta vaaditaan erotusominaisuuksia. (ST 53.34, s. 3, 2019.) Liitteessä 6 on esitetty ryhmäkeskuksen tyhjä pääkaavio.

6.4 Piirikaavio

Piirikaavion tehtävä on esittää kohteen toteutuksen yksityiskohdat, esittämällä toteutuksen osana olevat komponentit ja niiden väliset liitännät. Piirikaavion tehtävä on auttaa kohteen toiminnan ymmärtämistä. (SFS-EN 61082-1, s. 55, 2015.) Liitteessä 7 on esitetty esimerkki piirikaaviosta liittyen valaistuksen ohjaukseen sysäysreleiden avulla. Piirikaavio laaditaan käyttäen:

- piirrosmerkkejä
- liitäntäviivoja
- viitetunnuksia
- liitintunnuksia
- signaalitunnuksia ja sijaintiviitteitä
- kohteen toiminnan kannalta oleellista lisäinformaatiota. (SFS-EN 61082-1, s. 55, 2015.)

7 DOKUMENTIT JA LUETTELOT

7.1 Sähkötyöselostus

Sähkötyöselostus on sitova asiakirja, joka on määrätty YSE:n asiakirjojen määrävyysluettelossa. Sähkötyöselostuksen on tarkoitus ohjeistaa mitä suunnittelu ja urakointi puoleen kuuluu.

7.2 Asiakirjaluettelo

Asiakirjaluettelo on Excel-pohjaan luotu luettelo kaikista projektiin liittyvistä sähköteknilisistä luetteloista. Tähän kuuluu mm. sähkötyöselostus, asemapiirustus, tasopiirustukset, pääkaavio, valaisinluettelo jne.

7.3 Valaisinluettelo

Valaisinluettelossa on koottuna kaikki projektin valaisimet. Valaisinluetteloon voi olla merkittynä millainen symboli kyseisellä valaisimella on

tasopiirustuksessa, mikä on valaisimen positio, mikä on valaisimen tuotenimi, sen sähkönumero, kuinka monta kappaletta kyseistä valaisinta on ja minkä värinen kyseinen valaisin on.

7.4 Tasopiirustus

Tasopiirustus on kuva mihin on piirrettynä sähköpisteet (pistorasiat, valaisimet jne.) niiden johdotuksineen. Tasopiirustus piirretään yleensä arkkitehdin laatimaan pohjakuvaan mittakaavalla 1:50. Liitteessä 4 on esitetty tasokuva johdotuksineen.

7.5 Asemapiirustus

Asemapiirustus sisältää asemapiirroksen siihen liittyvineen selvennyksineen ja merkintöineen. (RT 103398, s 1, 2014.) Asemapiirroksessa pitää olla vähintään seuraavat tiedot.

- mitat rakennuspaikasta ja sen rajat.
- muiden kiinteistöjen rajat.
- kadut ja tiestöjen nimet. (RT 103398, s 3, 2021.)

Asemapiirrokseseen on sisällytettävä ainakin seuraavia tietoja itse olemassa olevista rakennuksista.

- ulkopinnoista mitatut päämitat, kuinka kaukana rakennus on rajoista
- korjaus- tai muutostyötä koskevassa piirroksessa olemassa olevan rakennuksen muutettava osa
- Kaapelikanavat, jotka voivat vaikuttaa rakennuksen
- sijoittamiseen vesijohdot ja viemäreiden yhtyminen yleiseen viemäriverkostoon (RT 103398, s 3, 2021.)

Sähkösuunnittelu tehdään arkkitehdin laatimaan asemapiirustukseen ja pohjakuvaan. Sähkösuunnittelija suunnittelee asemapiirrokseseen kaapelireitit ja tapauskohtaisesti mahdollisesti muutakin infrastruktuuria sähköihin liittyen esim. pylväisvalaisimien paikat, maadoitukset, keskuksien paikat jne. Sähkösuunnittelun osalta on myös tarkoitus selvittää asemapiirrokseseen esim. kuinka monta kaapeliputkea maahan upotetaan, kuinka isoja putket ovat ja mitä kautta kaapelireitit kulkevat kiinteistöihin.

7.6 Järjestelmäkaaviot

Järjestelmäkaavioita voidaan luoda todella monesta järjestelmästä, ST 70.12-kortissa on lueteltu eri järjestelmät kattavasti. Tässä projektissa luotiin maadoituskaavio ja järjestelmäkaaviot tele, antenni, kamera, -ja aurinkosähköjärjestelmistä.

Järjestelmien toiminnan ymmärtämisen vuoksi, niiden toiminnan yksiselitteinen kuvaaminen on niiden käytön ja ylläpidon takia tärkeää. Järjestelmäkaavio yhdessä toimintakuvausten ja laiteluettelojen kanssa ovat välttämättömiä järjestelmän toiminnan selventämiseksi. (ST13.30, s7,2020.)

Maadoituskaaviossa esitetään rakennuksen maadoitus- ja potentiaalintasaus pisteet. Liitteessä 5 on kuva maadoituskaaviosta. Liitteessä 8 on esitetty tähän projektiin liittyvien järjestelmien järjestelmäkaaviot.

7.6.1 Aurinkosähköjärjestelmä

Aurinkopaneelein toimiva aurinkosähköjärjestelmä toimii siten, että aurinkokenno muuntaa auringon säteily energian valosähköisessä ilmiössä sähköenergiaksi. Aurinkosähköjärjestelmät voidaan jakaa kahteen eri ryhmään. Off-grid-järjestelmään, joka toimii ilman sähköliittymää tai on-grid-järjestelmään, joka toimii rinnan kiinteistöön liitetyn sähköjakeluverkon kanssa. (tukes.fi, 2025.)

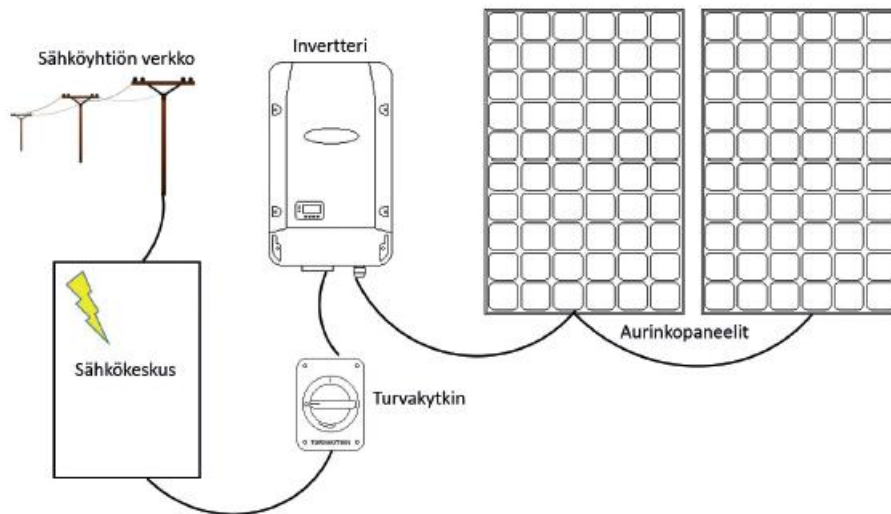
7.6.2 On-grid-järjestelmä

On-grid-järjestelmä on sähköverkon kanssa rinnalla toimiva järjestelmä, jossa aurinkosähköjärjestelmä syöttää yleiseen sähköverkkoon liitettyä kiinteistöä. On-grid-järjestelmän mitoittaminen on helpompaa kuin off-grid-järjestelmän

sillä sen mitoittaminen on huomattavasti yksinkertaisempaa, koska ei tarvitse miettiä niin paljon, miten sähkö riittää eri kuormille. (ST-käsikirja 40, s56, 2023.)

On-grid-järjestelmässä aurinkopaneelit tuottavat tasasähkön ja tasasähkö muutetaan vaihtosuuntaajalla vaihtosähköksi. On-grid-järjestelmän, pääkomponentteina toimivat

- aurinkopaneelit telineineen
- verkkoon syöttävä vaihtosuuntaaja (invertteri). (ST-käsikirja 40, s56, 2023.)



Kuva 8. On-grid-järjestelmä. (ST-käsikirja 40, s57)

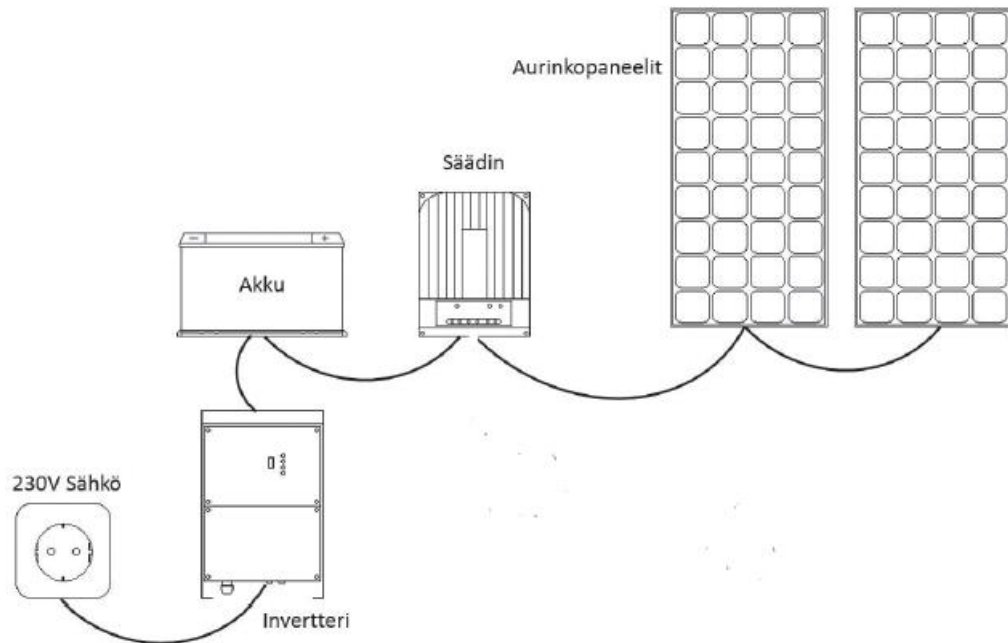
7.6.3 Off-grid-järjestelmä

Off-grid-järjestelmä eli niin kutsuttu saareke- tai mökkijärjestelmä, joka toimii omana verkkonaan, jossa akusto toimii energiavarastona. Järjestelmä toimii siten, että aurinkopaneelit tuottavat sähköä, jota voidaan käyttää samanaikaisesti tai vaihtoehtoisesti sitä voidaan varastoida akustoon myöhempää käyttöä varten. Toisin kuin on-grid-järjestelmässä järjestelmän mitoittaminen on haastavampaa ja vaarana on järjestelmän alimitoittaminen. (ST-käsikirja 40, s60, 2023.)

Off-grid-järjestelmän laitteisto poikkeaa hieman on-grid-järjestelmän laitteistosta. Off-grid-järjestelmä tarvitsee nimittäin säätimen, jonka päätehtävänä on

estää akuston ylläpääntymisen tai syväpurkautumisen. Off-grid-järjestelmän pääkomponentteina toimivat

- aurinkopaneelit
- (tasasähköjärjestelmä 12, 24 tai 48 VDC)
- aurinkopaneelisäädin
- akusto, akkusulake
- 230 VAC – vaihtosuuntaaja. (ST-käsikirja 40, s59, 2023.)



Kuva 9. Off-grid-järjestelmä. (ST-käsikirja 40, s59)

7.6.4 Off-grid-järjestelmän akusto

Akusto on tärkeässä roolissa off-grid-järjestelmässä, koska siihen kuuluu hajautettua energiantuotantoa sen ennustamattoman tuotantokapasiteetin vuoksi. Akusto toimii off-grid-järjestelmän kulutusasteena sekä sähkönsyöttäjänä. Akuston mitoitus tulisi suunnitella huolellisesti vastaamaan off-grid-järjestelmän tehokapasiteettia. Kaavassa 2 esitetään laskentakaava akuston mitoitusta varten. (ST-käsikirja 42, s 29, 2023.)

$$Q = \frac{S \times A \times E_{pvä}}{U}$$

S = syväpurkauksen estokerroin

A = asumiskerroin: $vklp = 2vrk$ jatkuva käyttö = $4vrk$

$E_{pva} = \text{tarvittava päivä energia Wh/vkr}$

$U = \text{akuston jännite, esim } 12V \text{ (tai } 24 / 48VDC)$

$Q = \text{akun kapasiteetti Ah} \quad (2)$

Off-grid-järjestelmä suojaukset ovat akutilanteen varassa, joten akuston syöttämät rajalliset oikosulkuvirrat eivät välttämättä riitä laukaisemaan johdonsuojautomaatteja vaatimusten määräämillä tasoilla. Järjestelmässä voidaan tarvita laajoja vikavirtasuojauksia ja käyttämään pienemmän oikosulkuvirran vaatimia johdonsuojakatkaisijoita. Yleensä invertterillä on omat suojaustoimintonsa, mutta jos näihin päätetään luottaa, on noudatettava tarkoin invertterivalmistajan ohjeita johtotyyppien ja impedanssien suhteen, jotta invertteri kykenee havaitsemaan oikosulun luotettavasti. (ST-käsikirja 42, s 29, 2023.)

7.7 Kameravalvontajärjestelmä

Kameravalvontajärjestelmä toteutetaan, kun kohdetta halutaan valvota. Järjestelmä koostuu kameroista, tallennus- ja tarkkailulaitteista sekä ohjelmistoista ja verkosta, joita tarvitaan siirto- ja ohjaustarkoituksiin. (ST-käsikirja 13, s 7. 2021.) Liitteessä 8 on esitetty kameravalvonnan järjestelmäkaavio projektin kohteeseen.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön tarkoitus oli selvittää, miten sähkösuunnitteluprosessi etenee ja sen tiimoilta luoda kattava ohjeistus yritykselle tukemaan tulevaisuuden harjoittelijoita ja uusia suunnittelijoita.

Opinnäytetyö eteni suurilta osin suunnitelmien mukaan. Pohjatiedot haettiin alan julkaisuista ja standardeista, joista syntyi hyvä runko tälle työlle. Aukkoja

ja lisätietoja saatiin haastattelemalla vanhempia suunnittelijoita ja osallistamalla itse aktiivisesti suunnittelutyöhön.

Opinnäytetyön tekeminen selvensi itselleni koko sähkösuunnitteluprosessia. Lopputuloksena oma tietotaito sähkösuunnittelua kohtaan kasvoi huomattavasti ja yritys sai siinä samassa kattavan ohjeistuksen CADMATIC:in käyttöön heidän toimintatapojensa mukaisesti.

LÄHTEET

CADMATIC, 2024, Haettu osoitteesta 25.9.2024

<https://www.cadmatic.com/fi/ratkaisut/sahkosuunnittelu/cadmatic-electrical-rakennusteollisuudelle/>

CADMATIC. 2024. Haettu osoitteesta 24.9.2024 osoitteesta

<https://www.cadmatic.com/fi/yritys>

Caruna.fi Haettu osoitteesta 1.10.2024

<https://caruna.fi/urakoitsijoille/urakoitsijaohjeet/pienjanniteliittymat>

DIALux. Haettu 23.9.2024 osoitteesta

<https://www.dialux.com/en-GB/about-dial>

DIALux. Haettu 25.9.2024 osoitteesta

<https://www.dialux.com/en-GB/dialux>

Finder. Haettu 20.9.2024 osoitteesta

<https://www.finder.fi/Suunnittelutoimisto/Suunnitteluliiga+Oy/Turku/yhteystiedot/3328596>

Harsia, P., Autio, I., Leskinen, M., Piikkilä, V., Savuoja, P., & Välimäki, E. 2004. Sähkösuunnittelun käsikirja. Espoo: Sähköinfo Oy.

Microsoft. Haettu 8.10.2024 osoitteesta:

<https://support.microsoft.com/fi-fi/office/t%C3%A4rkeimm%C3%A4t-asiat-jotka-on-hyv%C3%A4-tiet%C3%A4-keskusteluista-microsoft-team-sissa-88ed0a06-6b59-43a3-8cf7-40c01f2f92f2>

Määräys 65 E/2022 kiinteistön sisäverkoista ja teleurakoinnista, 2022.

SFS 6000-5-52:2022, Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Johtojärjestelmät, 2022.

SFS-EN 61082-1 Sähkötekniikassa käytettävien dokumenttien laatiminen. osa1, 2015.

ST 12 Käsikirja Antennijärjestelmät, 2023

ST 13 Käsikirja Kameravalvonta, 2021

ST 40 Käsikirja Aurinkosähköjärjestelmät, 2023

ST 42 Käsikirja Akkuenergiavarastot, 2023

ST 13.28, Yleisohjeita sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien dokumentoinnista, 2020.

ST 13.30 Sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien käyttödokumentit, 2020.

ST 13.31 Rakennuksen sähköverkon ja pienjänniteliittymän mitoittaminen, 2021.

ST 58.02 Valaistuksen toteutus standardin mukaisesti, 2023.

ST 58.03 Valaistuslaskennan lähtötiedot ja laskennan lopputulosten arviointi, 2022.

ST 58.04 Ohjeita valaistuksen suunnitteluun ja toteutukseen, 2022.

Tukes.fi. Haettu 15.1.2025 osoitteesta:

<https://tukes.fi/sahko/sahkotyot-ja-urakointi/aurinkosahkojarjestelmat>

Turku.fi. Haettu 9.10.2024 osoitteesta:

https://ah.turku.fi/kv/2018/0226002x/3669442.htm#_Toc501354140

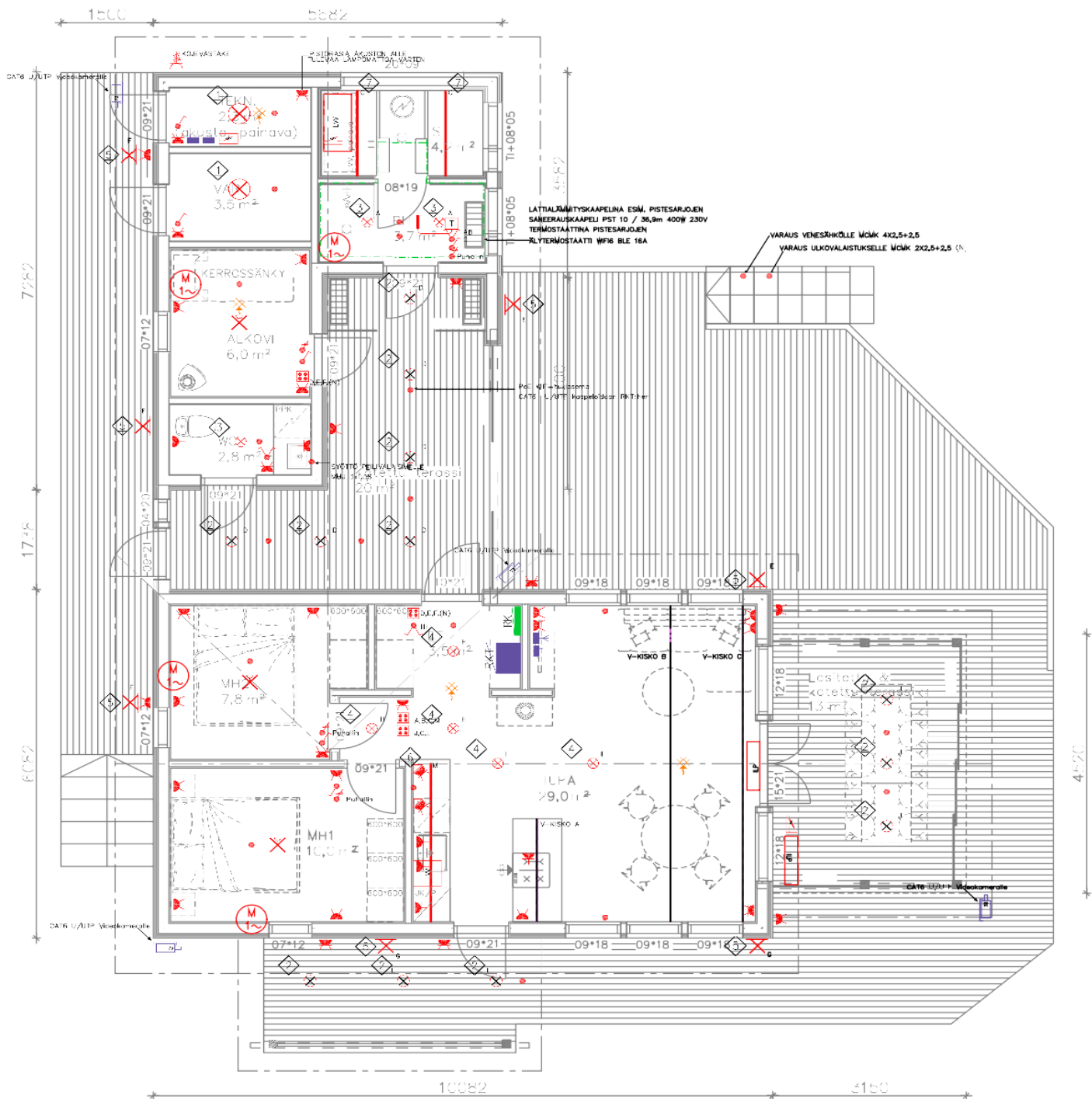
RT 103398, Asemapiirustuksen laatiminen, 2015.

RT 10-11224 Talonrakennushankkeen kulku. Rakennushankkeen vaiheet ja osittelu 2016.

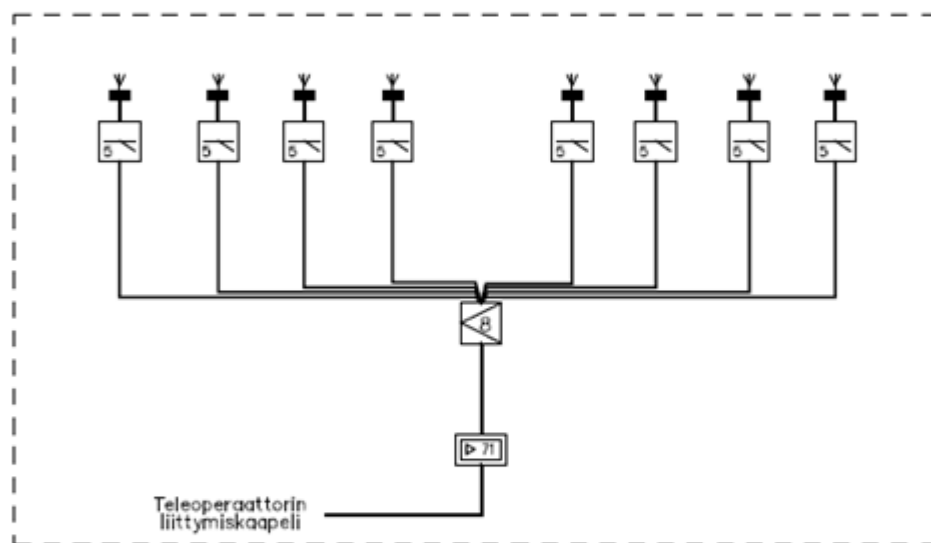
RT 10-11226 Talonrakennushankkeen kulku. Kustannusten muodostuminen ja ohjaus, 2016.

RT 10-11290 Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo, 2021.





LIITE 1



LIITE 2



Antennilaitteet: (Laatuantennit)

-  Päävahvistin (Operaattori toimittaa)
-  Jaotin (LAJB 1G3)
-  Haaroitin (LAH 5-16PE 1G3)
-  Antennirasiat 1dB (TWS011)

Kaapelit:

Nousut haaroittimiin: Tellu 7.

Haaroittimilta antennirasioille: Tellu 13.

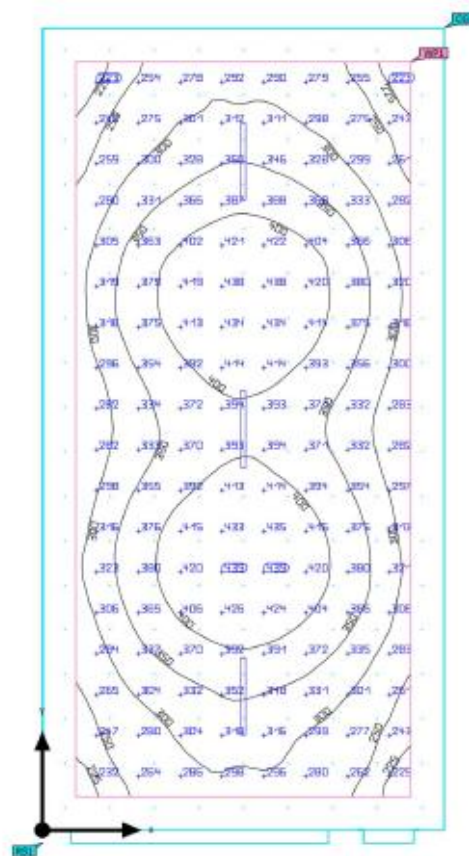
LIITE 3

Projekti

DIALux

Rakennus 1 · Kerros 1 · Tila 1 (Valaistustilanne 1)

Yhteenveto



Pohjapinta-ala	72.00 m ²	Tilan vapaa korkeus	5.600 m
Heijastussuhteet	Katto: 70.0 %, Seinät: 50.0 %, Lattia: 20.0 %	Asennuskorkeus	5.600 m
Alenemakerroin	0.80 (yleiskäyttöinen)	Korkeus käyttötaso	0.800 m
		Reuna-alue käyttötaso	0.500 m

Projekt

DIALux

Rakennus 1 · Kerros 1 · Tila 1 (Valaistustilanne 1)

Yhteenveto

Tulokset

	Koko	Laskettu	Ohje	Kunnossa	Hakemisto
Käyttötaso	$E_{\text{kohtisuora}}$	340 lx	≥ 200 lx	✓	WP1
	U_0 (g _r)	0.60	≥ 0.40	✓	WP1
	Ominaisliitäntäteho	3.93 W/m ²	-		
		1.16 W/m ² /100 lx	-		
Häikäisyn arviointi ⁽¹⁾	$R_{UG, \text{max}}$	21	≤ 25	✓	
Kulutussuureet ⁽²⁾	Kulutus	1135 kWh/a	maks. 2550 kWh/a	✓	
Alue	Ominaisliitäntäteho	3.00 W/m ²	-		
		0.88 W/m ² /100 lx	-		

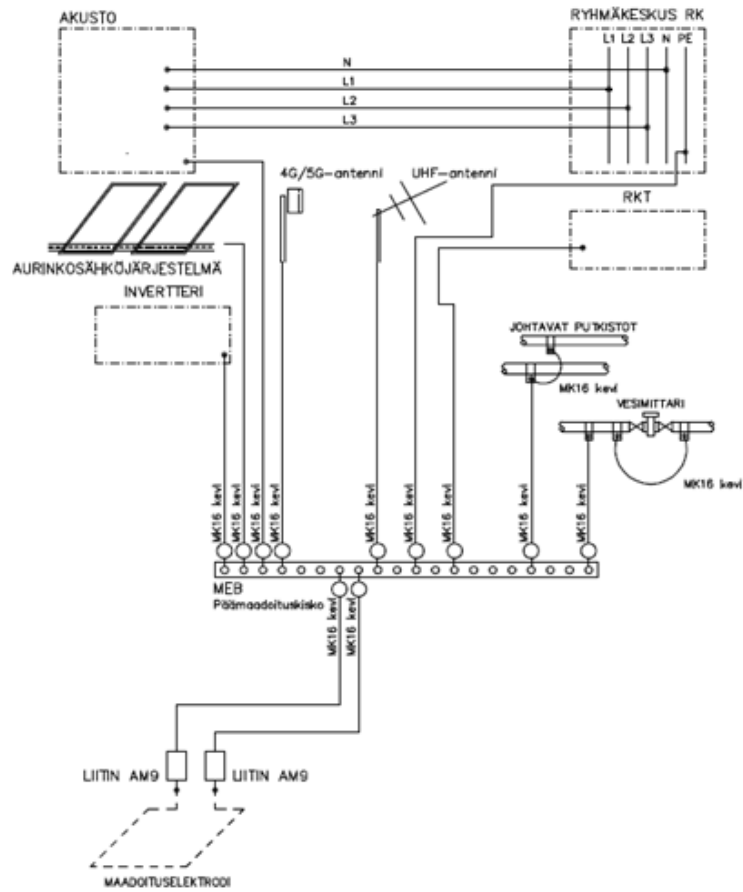
(1) Perustuu suorakalteen muotoiseen tilaan 6.000 m x 12.000 m ja kohteen 0.25 SHR.
(2) Laskettu käyttämällä DIN:18599-4:tä.

Käyttöprofiili: Logistiikka ja varasto (13.4 Avoimet varastot)

Valaisinluettelo

Kpl	Valmistaja	Tavarnumero	Tuotteen nimi	R_{UG}	P	Φ	Valotehokkuus
3	Ensto	FO3RH11000W B	FORMI FO3RHWB 11100LM 72W/840	21	72.0 W	11101 lm	154.2 lm/W

LIITE 5



LIITE 6

2 x MC-MULTIGATE 16
Aihiot 3x20,5

500

600

Keskuksen syvyys 100 mm

Aihiot 1x48 mm

EN 61 439-3	Sähkö n:o	3332108	Nimellinen tasonuskerron	2--3 autom./vaihe 0,8
Malli	bulldog 3836 V			4--5 autom./vaihe 0,7
PL / kW	I _{nk} / A	U _n / V	P _{th} / kW	6--9 autom./vaihe 0,6
Nimellisjännite	U _n	400 V	Nimellisaajuus	50 Hz
Apujärin nimellisjännite		- V	Suojaus sähköiskulta	Suojamaad. ja kotelointi
Nimellisvirtojen jännite	U _i	400 V	Maadoitusjärjestelmä	TN-S järjestelmä
Nimellisvirta, keskus	I _{nk}	50 A	Ympäristöt	Normaalit
Nimellisvirta, piirit	I _{nc}	- A	EMC-käyttöympäristö	A ja B
Terminen rajavirta	I _{cr}	< 10 kA	Paino	- kg
Dynaaminen rajavirta	I _{pk}	- kA		

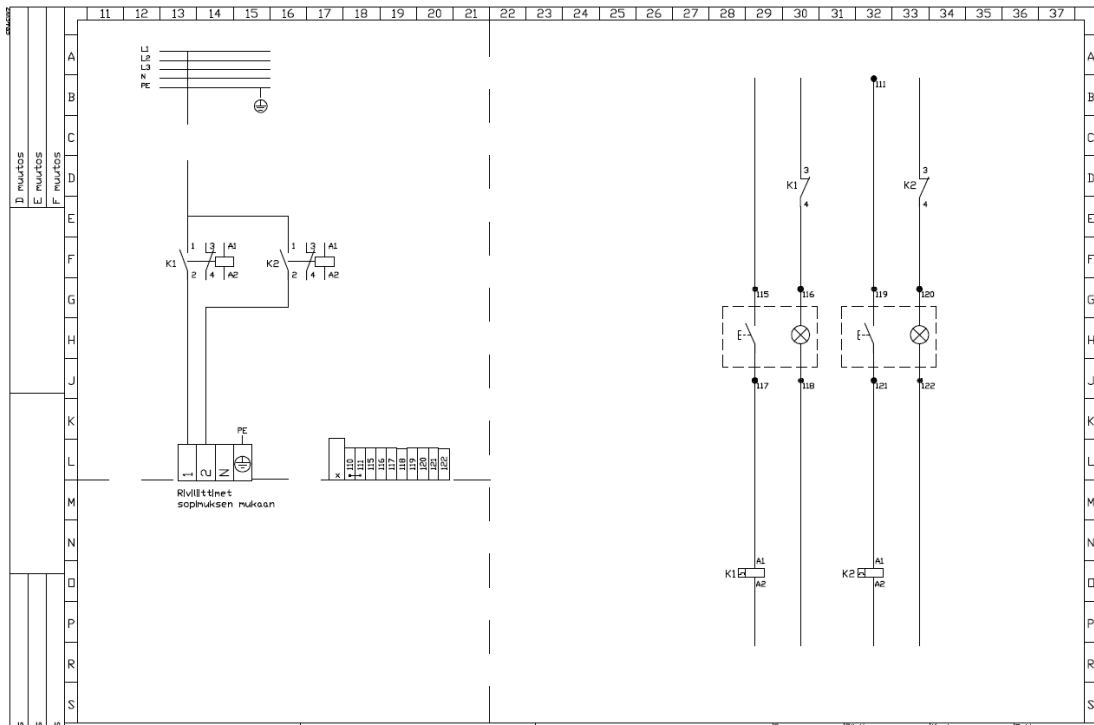
UTU OY
MADE IN FINLAND

NALLI	bulldog 3836 V	EN 61 439-3
I _{nk}	50 A	IP 30
U _n	400 V	TYÖ N:o
F	50 Hz	

UTU OY AHJONTIE 1, 28400 ULVILA Puh. 02-550 800 www.utugroup.com	Suunn.	RP	Pvm.	7.1.2019	KOKOONPANOKUVA	Lehti	1/2	Arkkistotunnus	
	Tark.	JK	Muutos			Keskustunnus	PIV.	n:o	
	Hyv.	PK	Suhde	1:10 (A4)					3332108

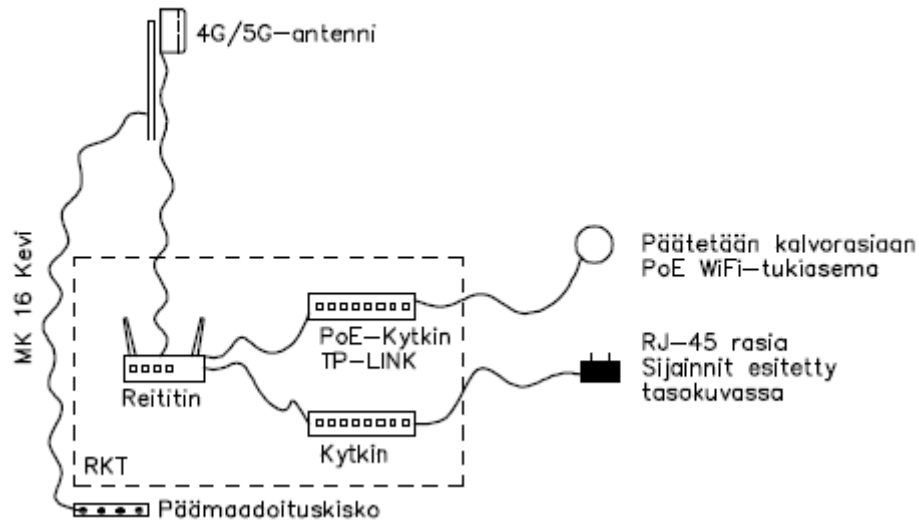
NERKUS	NRG	NMITYS	A/A	JM	JOHDOTUS
		001	00A		
U	1.1		C10		
U	1.2		C10		
U	1.3		C10		
U	2.1		C10		
U	2.2		C10		
U	2.3		C10		
U	3.1		C18		
U	3.2		C18		
U	3.3		C18		
U	4.1		C18		
U	4.2		C18		
U	4.3		C18		
U	5.1		C10		
U	5.2		C10		
U	5.3		C10		
U	5.4		C18		
U	5.5		C18		
U	5.6		C18		
U	6.1		C10		
U	6.2		C10		
U	6.3		C10		
U	6.4		C18		
U	6.5		C18		
U	6.6		C18		
U	7.1		C10		
U	7.2		C10		
U	7.3		C10		
U	7.4		C18		
U	7.5		C18		
U	7.6		C18		
U	8.1		C10		
U	8.2		C10		
U	8.3		C10		
U	8.4		C18		
U	8.5		C18		
U	8.6		C18		

LIITE 7

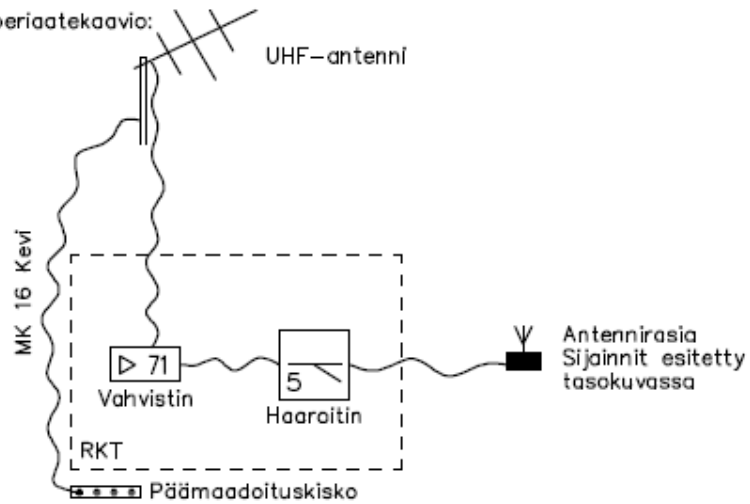


LIITE 8

Yleiskaapelointijärjestelmän periaatekaavio:



Antennijärjestelmän periaatekaavio:



Valvontakamerajärjestelmän periaatekaavio:

