

Autotalli- ja varastorakennuksen sähkösuunnittelu

Tero Ritala

OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2024

Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Sähköinen talotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Sähköinen talotekniikka

RITALA, TERO:

Autotalli- ja varastorakennuksen sähkö saneerauksen suunnittelu

Opinnäytetyö 38 sivua, joista liitteitä 6 sivua
Huhtikuu 2024

Opinnäytetyössä tehtiin sähkö- ja valaistussuunnitelmat autotalli- ja varastorakennuksen sähkö saneerausta varten. Rakennuksessa oli useampia tiloja, joilla oli eri käyttötarkoituksia, ja niiden tarpeet otettiin huomioon suunnittelussa. Työn lähtökohdana oli uusien kaikkien asennukset nykyaikaisiksi käyttäjien toiveiden huomioiden. Työ tehtiin rakennuksen omistajien pyynnöstä.

Kaiken suunnittelun perustana olivat alan standardit ja ohjeistukset, jotka toimivat pohjana koko suunnittelulle, niin tässä työssä kuin suunnittelussa muutenkin. Opinnäytetyöraportin teoriaosassa tarkastellaan sähkösuunnittelussa huomioon otettavia laskelmia sekä erilaisia sähkösuunnittelussa tuotettavia dokumentteja. Laskelmille on asetettu standardeissa erilaisia vaatimuksia, joiden on toteutettava asennuksissa. Lisäksi dokumentteihin liittyy tiettyjä sisältövaatimuksia.

Lopputuloksena saatiin tuotettua rakennukselle sellaiset dokumentit, joilla sähkö saneeraus voidaan toteuttaa. Samalla saatiin rakennuksen nykyisistä asennuksista ajantasaiset sähköpiirustukset. Valaistussuunnitelmia tehtäessä vertailtiin kahta erilaista valaisinta, joista saatiin tulosten perusteella valittua tarkoitukseen sopivampi. Työssä tehdyt piirustukset on esitetty raportin liitteissä.

Asiasanat: autotalli, saneeraus, sähkösuunnittelu, valaistussuunnittelu

ABSTRACT

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

RITALA, TERO:
Electrical Renovation Plan for a Garage And Storage Building

Bachelor's thesis 38 pages, appendices 6 pages
April 2024

In this thesis, electrical and lighting plans were made for the electrical renovation of a garage and a storage building. The building had several facilities with different uses and their needs were taken into account in the planning. The starting point of the work was to make all the installations new, taking into account the wishes of the owners. The work was done at the request of the building owners.

The basis of all planning was standards and code of practice, which served as the basis for the entire electrical planning. At the beginning of the work, calculations to be taken into account in electrical planning were discussed, as well as various documents produced in electrical planning. Various requirements have been given for the calculations in the standards, which must be come true in the installations. In addition, there are content requirements for the documents.

The end result was the production of documents with which the electrical renovation can be made. At the same time, up-to-date electrical drawings of the current installations were obtained. When making lighting plans, it was possible to compare two different types of light and, based on the results, the most suitable for the purpose was chosen. The drawings made during the work are presented in the appendices of the thesis.

Key words: garage, renovation, electrical design, lighting planning

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	SÄHKÖTEKNISET LASKELMAT	6
2.1	Huipputehon mitoitus	6
2.2	Sähköajoneuvojen lataus	7
2.3	Aurinkosähköjärjestelmän tehon mitoitus	8
2.4	Johdon mitoitus	9
2.5	Syötön automaattinen poiskytkentä	11
2.6	Jännitteenalenema	13
3	SÄHKÖTEKNISET DOKUMENTIT JA SUUNNITELMAT	15
3.1	Asema- ja tasopiirustus	15
3.2	Keskus- ja piirikaavio	15
3.3	Pääjohto- ja maadoituskaavio	16
3.4	Valaistussuunnittelu	17
4	AUTOTALLIN SÄHKÖSANEERAUKSEN SUUNNITTELU	18
4.1	Lähtötietojen selvittäminen	18
4.2	Laskelmat ja mitoitukset	20
4.3	Sähkösuunnittelu	24
4.4	Valaistussuunnittelu	25
5	POHDINTA	30
	LÄHTEET	31
	LIITTEET	33
	Liite 1. Tasopiirustus, vanhat sähköasennukset	33
	Liite 2. Tasopiirustus, uudet sähköasennukset	34
	Liite 3. Keskuskaavio, kokoonpanokuva	35
	Liite 4. Keskuskaavio, pääkaavio	36
	Liite 5. Nousujohto- ja maadoituskaavio	37
	Liite 6. Valaistuslaskennan tulosten vertailu	38

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tehdä sähkösuunnitelmat alun perin vuonna 1988 rakennetun ja vuonna 1996 laajennetun autotalli- ja varastorakennuksen sähkösaneerausta varten. Sähkösaneeraus parantaa rakennuksen käytettävyyttä, sekä turvallisuutta. Työn teettäjänä on rakennuksen omistavat yksityishenkilöt ja rakennus sijaitsee Päijät-Hämeessä Orimattilassa.

Työn aikana on tarkoitus tuottaa tarvittavat sähkösuunnitelmat rakennukselle, joilla voidaan myöhemmin toteuttaa rakennuksen sähkösaneeraus. Aluksi kartoitetaan myös nykyiset sähköasennukset ja tehdään niistä ajantasaiset piirustukset. Tällä hetkellä rakennuksesta ei ole olemassa minkäänlaisia ajantasaisia sähkösuunnitelmia. Lisäksi rakennukseen tehdään valaistussuunnitelmat, joissa vertaillaan kahta eri valaistusratkaisua ja näistä valitaan toinen käytettäväksi toteutuksessa.

Työssä käydään aluksi läpi sähkösuunnittelua teoriatasolla. Kuten erilaisia tarvittavia mitoituksia ja millaisia piirustuksia sähkösuunnittelussa yleensä tuotetaan. Lisäksi käsitellään mitä pitää ottaa huomioon mitoituksessa, kun suunnitellaan sähköautonlatauspisteitä tai aurinkosähköjärjestelmää. Käydään myös läpi, mitä valaistuksen suunnittelussa täytyy huomioida, jotta saadaan aikaiseksi laadukas valaistus. Kaikki edellä mainitut asiat ovat tärkeä osa sähkösuunnittelua, jotta asennuksista saadaan turvalliset ja määräystenmukaiset.

2 SÄHKÖTEKNISET LASKELMAT

2.1 Huipputehon mitoitus

Standardin SFS 6000 mukaan suurimman kuormituksen määrittelemine on erittäin tärkeää, jotta sähköasennukset voidaan suunnitella taloudellisiksi ja luotettaviksi sallittujen lämpenemien ja jännitteenalennemien mukaisesti. Asennuksen tai sen jonkin osan suurinta kuormitusta määritettäessä voidaan ottaa huomioon kuormituksen eriaikaisuus eli tasaus, joka laskelmissa huomioidaan erilaisilla kertoimilla. (SFS 6000-1 2022, 46).

Kuormitusta määrittäessä voidaan apuna käyttää ”Rakennuksen sähköverkon ja liittymän mitoittaminen” -ST-korttia 13.31. ST-kortti eli sähkötietokortti on monipuolinen ammattitietolähde. ST-kortit opastavat määräysten ja standardien mukaisiin toimintatapoihin. Ne sisältävät esimerkkejä, mallilomakkeita ja muistilistoja. Huipputehon P_{hmax} mitoittamiseen voidaan käyttää ST-kortissa 13.31 olevia valmiita laskukaavoja eri rakennustyypeille tai mitoitus voidaan tehdä myös itse arvioimalla kulutusta. Edellä mainitussa ST-kortissa 13.31 on annettu hyvin myös kokemuserusteisia kuormituksia erilaisille laitteille ja tiloille. (ST-kortti 13.31 2021, 3).

Kulutusta itse arvioitaessa pitää tietää rakennuksen käyttötarkoitus ja siellä olevat eri järjestelmät ja laitteet, jotka kuluttavat sähköä. Asuintalojen neliötehon karkea määrittely pystytään yleensä tekemään luotettavasti, sillä asuintalojen sähkölaitteet ja niiden aiheuttamat tehontarpeet tiedetään yleensä tarkasti jo etukäteen (Orrberg & Tiainen 2022, 63). Lasketun tai arvioidun huipputehon P_{hmax} perusteella voidaan laskea virtapiirissä kulkeva mitoitusvirta I_B kaavalla

$$I_B = \frac{P_{hmax}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi}, \quad (1)$$

jossa U on pääjännite ja $\cos\varphi$ on tehokerroin. Mitoitusvirran I_B perusteella voidaan valita vaadittava suojalaite. Edellä mainitulla kaavalla voidaan laskea suojalaitteen mitoitusvirta mille tahansa virtapiirille.

2.2 Sähköajoneuvojen lataus

Sähköajoneuvojen latausjärjestelmien lisääntyminen on aiheuttanut sen, että ne on otettava nykyään laskelmiin mukaan. Niille on edellä mainitussa ST-kortissa 13.31 myös annettu valmis kaava, joilla voidaan laskea niiden aiheuttamaa tehontarvetta. ST-käsikirja 41 ”Sähköautot ja latausjärjestelmät” käsittelee myös hyvin laajasti aihetta ja siellä on myös erillinen luku, joka käsittelee latausjärjestelmien suunnittelua. Yhden latauspisteen tehontarve $P_{latauspiste}$ voidaan laskea kaavalla

$$P_{latauspiste} = \frac{0,2 \frac{\text{kWh}}{\text{km}} \cdot s_{toimintasäde}}{t_{latausaika}}, \quad (2)$$

jossa $s_{toimintasäde}$ on haluttu toimintasäde yhdellä latauskerralla ja $t_{latausaika}$ on keskimääräinen latausaika yhdellä latauskerralla. Kaavassa käytetään sähköauton kulutuksena keskiarvoa, joka on 20 kWh/100 km (ST-käsikirja 41 2022, 85). Huipputehoja laskettaessa latauspisteen tasauskertoimena käytetään arvoa yksi, ellei latauspisteessä ole käytössä minkäänlaista kuormituksen hallintajärjestelmää (ST-käsikirja 41 2022, 63). Myös ST-kortissa 51.90 ”Sähköauton lataaminen ja latauspisteiden toteutus” on käsitelty aihetta, mutta suppeammin kuin ST-käsikirjassa 41.

Rakennusten varustamisesta latauspisteillä säädetään laissa 733/2020 ”Laki rakennusten varustamisesta sähköajoneuvojen latauspisteillä ja latauspistevalmiuksilla sekä automaatio- ja ohjausjärjestelmillä”. Lain toisessa luvussa määritellään millaisiin rakennuksiin pitää asentaa latauspiste tai latauspistevalmius, sekä niiden vaadittu määrä. Laki koskee sellaisia uusia rakennuksia tai laajasti korjattavia vanhoja rakennuksia, joiden rakentamiseen vaaditaan rakennuslupa. Laissa määrätään myös, että kaikissa muissa kuin asuinrakennuksissa, joissa on enemmän kuin kaksikymmentä pysäköintipaikkaa on asennettava vähintään yksi latauspiste vuoden 2024 loppuun mennessä. (Laki 2020/733).

2.3 Aurinkosähköjärjestelmän tehon mitoitus

Aurinkosähköjärjestelmää suunniteltaessa vaihtosähköpuolen mitoitus on tehtävä standardin SFS 6000 mukaisesti. Erityisvaatimuksia tai lievennyksiä ei aurinkosähköjärjestelmän osalle ole. Mitoituksessa käytettävänä tehona voidaan käyttää invertterin valmistajan ilmoittamaa suurinta mahdollista virtaa tai tehoa. Jos suurinta mahdollista virtaa tai tehoa ei tiedetä, tulee nimellisteho kertoa kertoimella 1,1 ja käyttää kyseistä tuloa mitoituksissa mitoittavana tehona. (ST-käsikirja 40 2023, 136).

Lisäksi suunnittelussa on huomioitava, ettei ylitetä keskuksen nimellisvirtaa normaaliverkon ja aurinkosähkön syötön summana. On myös muistettava ottaa huomioon erilaiset käytössä olevat kuormanhallinnat tai muuten ohjattavat kuormitukset. Edellä mainittujen kuormien virtamuuntajien kytkennät aiheuttavat riskejä, jos virtojen summutumista eri kohdissa ei oteta huomioon mitoittaessa ja suunniteltaessa järjestelmää. (ST-käsikirja 40 2023, 142)

Suunnittelua ja toteutusta on käsitelty laajasti ST-käsikirjassa 40 "Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelu ja toteutus" ja lisäksi ST-kortissa 55.32 "Verkkoon kytetyt aurinkosähköjärjestelmät". Suurin sallittu aurinkosähköjärjestelmän teho S_N voidaan laskea kaavalla

$$S_N = I_{k1} \cdot 44 \frac{W}{A}, \quad (3)$$

jossa I_{k1} on liittymän yksivaiheinen mitoitusoikosulkuvirta, jonka verkkoyhtiö on antanut. Kyseinen arvo on aina varmistettava jakeluverkkoyhtiöltä. Edellä on käsitelty pääasiassa vain aurinkosähköjärjestelmän ja liityntärajapinnan suunnittelua. Varsinaiseen aurinkosähköjärjestelmän suunnitteluun ei tässä työssä oteta kantaa.

2.4 Johdon mitoitus

Johdon mitoituksen ja suojauksen suunnittelu on yksi keskeisimmistä sähkösuunnitteluun kuuluvista asioista. Normaalisti johdon mitoituksella on tarkoitettu lähinnä mitoitusta johdon kuormitettavuuden kannalta. Johdon suojauksella taas on tarkoitettu suojausta ylivirtojen eli ylikuormituksen ja oikosulkujen vaikutuksilta. (Orrberg & Tiainen 2022, 145).

Johto on suojattava ylikuormituksen lisäksi myös oikosulun vaikutuksilta. Yleensä kun suojalaite valitaan johdon kuormitettavuuden perusteella, se suojaa johtoa myös oikosulkuvirran vaikutuksilta. Jos kuitenkin käytetään erillisiä ylikuormitus- ja oikosulkusuojia, on oikosulun sallitulle kestoajalle t annettu oma kaava, jota voidaan käyttää enintään viisi sekuntia kestäviin vikatilanteisiin. (Tiainen 2022, 140).

$$t = \left(\frac{k \cdot A}{I} \right)^2, \quad (4)$$

jossa k on johdinvakio, A on johdon poikkipinta-ala ja I on oikosulkuvirran suuruus.

Johdon mitoituksen ja valinnan lisäksi on myös mitoittava oikeat suojalaitteet niin, että vikasuojauksen vaatimukset täyttyvät. Johtoa ylikuormitukselta suojaavan laitteen on täytettävä standardin SFS 6000 mukaan tietyt ehdot. Ylikuormituksella tarkoitetaan ylivirtaa, jota ei normaalisti esiinny virtapiirissä. Johtoa ylikuormitukselta suojaavan laitteen pitää täyttää seuraavat ehdot

$$I_B \leq I_n \leq I_Z, \quad (5)$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_Z, \quad (6)$$

jossa I_B on virtapiirin mitoitusvirta, I_Z on johdon jatkuva kuormitettavuus, I_n on suojalaitteen nimellisvirta ja I_2 on virta, joka varmistaa sen, että suojalaite toimii määritellyssä toiminta-ajassa. Johdonsuojakatkaisijalla rajavirta on 1,45-kertainen suojalaitteen nimellisvirtaan verrattuna. Sulakkeilla rajavirta on suurempi

kuin johdonsuojakatkaisijoilla. Rajavirta voi vaihdella 1,6–2,1 välillä, siksi sulakkeita käytettäessä on mitoituksessa käytettävä kaavaa

$$k \cdot I_n \leq 1,45 \cdot I_Z, \quad (7)$$

jossa k on sulakkeen ylemmän sulamisrajavirran ja sulakkeen nimellisvirran suhde. Suhdeluku k voidaan valita taulukosta 1.

TAULUKKO 1. Suhdeluvun k arvot (Tiainen 2022, 134).

D-tyyppin tulppasulake	
$k = 2,1$	$I_n \leq 4 \text{ A}$
$k = 1,9$	$4 \text{ A} < I_n \leq 10 \text{ A}$
$k = 1,75$	$10 \text{ A} < I_n \leq 25 \text{ A}$
$k = 1,6$	$I_n > 25 \text{ A}$
gG-tyyppin sulake	
$k = 2,1$	$I_n \leq 4 \text{ A}$
$k = 1,9$	$4 \text{ A} < I_n \leq 16 \text{ A}$
$k = 1,6$	$I_n \geq 16 \text{ A}$

gG-tyyppin sulakkeella tarkoitetaan yleisesti kaikkia tulppa- ja kahvasulakkeita. Kirjainyhdistelmän ensimmäinen kirjain g kuvaa sitä, että sulake soveltuu sekä oikosulku- että ylikuormitussuojaksi. Toinen kirjain G tarkoittaa, että se on tarkoitettu johdonsuojaukseen. Sulakkeilla on myös muita kirjainyhdistelmiä erilaisiin tarkoituksiin, joita ei kuitenkaan käytetä yleisesti asuinrakennuksen suunnittelussa. D-tyyppin tulppasulakkeella tarkoitetaan perinteistä posliinisulaketta, joita on yleisesti käytetty asuinrakennusten ylivirtasuojaukseen.

Johdon mitoituksessa on myös huomioitava asennusolosuhteet, eli asennusympäristön lämpötila, sekä käytettävä asennustapa. Edellisten lisäksi kuormitettavuuteen vaikuttaa johdinmateriaali, eristemateriaali ja muiden johtojen läheisyys. Standardissa SFS 6000-5-52 kerrotaan korjauskertoimet C edellisten vaikutuksille. Ensin on määriteltävä asennusolosuhteet ja asennustavat, eli missä johto kulkee, missä lämpötilassa ja kulkeeko samassa muita johtoja. Korjauskertoimia

valittaessa on otettava huomioon, että eri asennustavat on tarkasteltava erikseen. Korjauskertoimien valinnan jälkeen lasketaan korjattu johdon määrittelevä kuormitettavuusvirta $I_{Z'}$ kaavalla

$$I_{Z'} = \frac{I_Z}{C}. \quad (8)$$

Tämän jälkeen valitaan sopiva johdon poikkipinta-ala kuormitustaulukoista. Eri asennustavoilla laskettujen kuormitettavuusvirtojen perusteella valitaan johdintaulukoista paksumman poikkipinta-alan omaava kaapeli.

2.5 Syötön automaattinen poiskytkentä

Kaikkein tärkein vikasuojausmenetelmä on syötön automaattinen poiskytkentä (Orrberg & Tiainen 2022, 84). Syötön automaattisella poiskytkennällä tarkoitetaan suojausmenetelmää, jonka avulla on tarkoitus estää ihmistä joutumasta koskettamaan eristysvian aiheuttamaa vaarallista kosketusjännitettä niin pitkää aikaa, että siitä aiheutuisi vaaraa. Suojalaitte on valittava niin, että se toimii vian sattuessa sille vaaditussa ajassa. Standardin SFS 6000 taulukossa 41.1 on esitetty suurimmat sallitut poiskytkentäajat suojalaitteille. Normaalisti suojalaitteen on toimittava alle 0,4 sekunnissa. Tietyissä tapauksissa poiskytkentäajaksi sallitaan maksimissaan 5,0 sekuntia. Standardin taulukossa esitettyjä poiskytkentäaikoja suuremmat ajat sallitaan pääjohdoille, yli 32 ampeerin ylivirtasuojilla suojuatuille, kiinteitä laitteita syöttäville ryhmäjohdoille ja yli 63 ampeerin ylivirtasuojilla suojuatuille pistorasiaryhmille (Tiainen 2022, 86).

Normaalisti poiskytkentä tulisi suorittaa ylivirtasuojilla, mutta jos suojauksen ehdot eivät täyty, voidaan suojaukseen käyttää vikavirtasuojaa. Tällainen tilanne voi syntyä piireissä, joiden pituus on suuri ja johtimen poikkipinta on pieni. Jos vikasuojaus toteutetaan käyttämällä vikavirtasuojaa, tulee varmistaa, että vikavirta on 5-kertainen vikavirtasuojan nimellistoimintavirtaan verrattuna (Tiainen 2022, 99). Standardi määrittelee myös sen, että jos vikavirtasuojaa käytetään poiskytkentään, on kyseinen piiri suojuettava myös ylivirtasuojalla.

Suojauksen toimivuuden selvittämiseksi edellytetään pienimmän yksivaiheisen oikosulkuvirran määrittämistä (Tiainen & Orrberg 2020, 111). Laskennan lähtötiedoksi pitää selvittää pienin oikosulkuvirta I_k liittymän luona. Jakeluverkkoyhtiöllä on tämä arvo tiedossa ja sen saa heiltä pyytämällä. Sen jälkeen verkon impedanssi Z_v voidaan laskea kaavalla

$$Z_v = \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot I_k}, \quad (9)$$

jossa c on kerroin ja U on pääjännite. Tämän jälkeen voidaan laskea virtapiirin oikosulkuvirta eri pisteissä yksinkertaistetulla kaavalla

$$I_k = \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot (l \cdot 2 \cdot z + Z_v)}, \quad (10)$$

jossa l on suojattavan johdon pituus ja z on suojattavan johdon impedanssi. Jos piiriin kuuluu useampia johtoja, niin niiden impedanssi on lisättävä myös kaavaan. Edellä mainitussa kaavassa on oletettu, että vaihejohdin ja suojajohdin ovat samankokoisia. Asennuksessa käytettäville eri johtotyypeille on määritettävä suurin sallittu pituus, jotta voidaan varmistua vikasuojauksen toimivuudesta. Johdon suurin sallittu pituus l lasketaan kaavalla

$$l = \frac{\frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot I_k} - Z_v}{2 \cdot z}, \quad (11)$$

jossa c on kerroin, U on pääjännite, I_k on oikosulkuvirta, Z_v on impedanssi ennen suojalaitetta, z on suojattavan johtimen impedanssi. Laskenta on suoritettava jokaiselle käytössä olevalle erilaiselle suojalaitteelle ja johdin paksuudelle sekä materiaalille.

2.6 Jännitteenalenema

Standardi SFS 6000 sisältää suositukset jännitteenalenemasta liittymän sähköverkossa. Jos muuta ei ole erikseen sovittu, annetut suositukset eivät ole velvoittavia. Standardin SFS 6000-5-52 kohdassa 525 on suositeltu, ettei jännitteenalenema saisi olla sähköasennuksen liittymiskohdan ja sähkölaitteen välillä suurempi kuin taulukon 2 arvot verrattuna nimellisjännitteeseen (SFS 6000-5-52 2022, 62).

TAULUKKO 2. Jännitteenalenema (SFS 6000-5-52 2022, 62).

Asennuksen tyyppi	Valaistuskäyttö (%)	Muu käyttö (%)
A – Pienjänniteasennus, joka on syötetty suoraan yleisestä jakeluverkosta	3	5
B – Pienjänniteasennus, joka on syötetty yksityisestä teholähteestä	6	8

Jännitteenalenemaa laskettaessa pitää tietää johtimien ominaisresistanssit ja induktanssit. Näissä saattaa olla eroja eri valmistajien välillä, mutta laskennassa voidaan käyttää likimääräisiä taulukkoarvoja. Jännitteenalenema u voidaan laskea kaavalla

$$u = b \cdot \left(\rho_1 \cdot \frac{L}{S} \cdot \cos\varphi + \lambda \cdot L \cdot \sin\varphi \right) \cdot I_b, \quad (12)$$

jossa b on kerroin, joka kolmivaiheiselle on 1 ja yksivaiheiselle 2, ρ_1 on johdinmateriaalin resistiivisyys, L on johdon pituus metreinä, S on johtimen poikkipinta, $\cos\varphi$ ja $\sin\varphi$ on tehokertoimia, λ on johdon reaktanssi ja I_b on suunniteltu virta. Suhteellinen jännitteenalenema prosentteina Δu voidaan laskea kaavalla

$$\Delta u = 100 \% \cdot \frac{u}{U_0}, \quad (13)$$

jossa U_0 on jännite vaiheen ja nollan välillä. Jännitteenaleneman selvittäminen on tärkeää sähkönlaadun varmistamiseksi asennuksissa. Suurempi jännitteenalenema voi olla hyväksyttävissä moottoreiden tai muiden laitteiden käynnistyksessä.

3 SÄHKÖTEKNISET DOKUMENTIT JA SUUNNITELMAT

3.1 Asema- ja tasopiirustus

Sähkön asemapiirustuksessa esitetään yleensä mahdollinen suurjänniteko-neisto, pääkeskukset, maa- ja ilmakaapelien reitit ja tyypit sekä maadoituselekt-rodu ja -johtimet ja kaapelien mahdolliset suojausputkitukset ja kaapelikaivot. Myös sellaiset sähkölaitteet esitetään, joihin tulee syöttö maa- tai ilmakaapeleilla, jotka on esitetty samassa piirustuksessa. Edellä mainittuja sähkölaitteita ovat esimer-kiksi ulkovalaisimet ja autonlämmitystolpat tai -latauslaitteet. Rakennusten sei-nissä olevien ulkovalaisimien syöttö kulkee yleensä rakennuksen rakenteissa, jo-ten nämä esitetään yleensä tasopiirustuksessa. (ST-kortti 13.30 2020, 5).

Tasopiirustuksessa esitetään kojeiden, laitteiden, valaisimien, lämmittimien, joh-toteiden ja johdotuksien sijainnit ja asennustavat. Valaisimien ja lämmittimien kohdalla esitetään myös tarvittaessa positiot, joiden perusteella nämä on määri-telty tarkemmin erillisessä luettelossa. Johtimien kohdalla esitetään myös johti-men tyyppi ja syötön ryhmänumero, joka vastaa keskuskaaviossa esitettyä. (ST-kortti 13.30 2020, 6). Tasopiirustuksessa esitetään myös jakokeskusten jakelu-alueet ja tarvittaessa sähkölaitteen sijoitukseen liittyviä yksilöllisiä tietoja (Tiainen 2022, 188).

3.2 Keskus- ja piirikaavio

Keskuskaaviossa esitetään keskuksen tiedot, nimellisvirta ja oikosulkukestoi-suus. Perustietojen lisäksi esitetään suojalaitteiden tyypit, koot ja mahdolliset erikseen aseteltavat asetusarvot. Viittaukset liittyviin piirikaavioihin merkitään myös keskuskaavioon. (Tiainen 2022, 187). Kaaviossa esitetään myös muut mahdolliset keskuksessa olevat komponentit kuin suojalaitteet. Keskukseen kyt-kettävät kaapelit, niiden koot ja määrät esitetään kyseistä kaapelia suojaavan laitteen kohdalla. (ST-kortti 13.30 2020, 6).

Piirikaaviossa esitetään sähkölaitteen kytkennät yksityiskohtaisesti, mutta siinä ei esitetä eri komponenttien todellista kokoa, muotoa tai sijaintia (Ahoranta 2003, 136). Piirikaaviot tehdään virtapiirikohtaisesti, niin että kaavio kuvaa vähintään piirin sähköistä toimintaa. Jos piiriin sisältyy useita eri toimintoja pitää kaaviossa olla myös johdotusta koskevat tiedot, sekä toiminnan kuvaus tarvittaessa. Peruskytkennoistä ei tarvita piirikaaviota. Peruskytkennäksi voidaan ajatella yksinkertainen valaistuksenohjaus tai moottorin ohjaus yhdestä paikasta ilman mitään lukuksia. (Tiainen 2022, 188).

3.3 Pääjohto- ja maadoituskaavio

Pääjohto- ja maadoituskaavio ovat yhden käytön kannalta tarpeellisimmista dokumenteista. Pääjohtokaaviosta selviää sähkönjakelujärjestelmän periaatteellinen rakenne. Lisäksi siinä esitetään liittymisjohto ja jakelujärjestelmät, sekä jakokeskukset, niiden tunnuksat ja mitoitusarvot. Myös suunnitellut erotuskohdat, pääjohdot suojalaitteineen ja potentiaalintasaus- ja maadoituspaikat. Pääjohtoista kerrotaan myös mitoittavat asennustavat, poikkipinta-alat ja pituudet, jotta sen perusteella voidaan mitoittaa kyseinen johto-osa. Normaalisti enintään kolme jakokeskusta sisältävässä asennuksessa edellä mainitut tiedot voidaan antaa pääkeskuksen pääkaaviossa. (Tiainen 2022, 187).

Maadoituskaaviossa esitetään päämaadoituksen ja pääpotentiaalintasauksen johtojen tiedot ja niiden liitännäspaikat. Myös tiedot muista maadoituksista ja potentiaalintasauksista esitetään. Järjestelmästä, jossa on pelkästään päämaadoitus tai yksinkertainen potentiaalintasaus, ei tarvita erillistä maadoituskaaviota, vaan ne voidaan esittää keskuksen pääkaavion tai pääjohtokaavion yhteydessä. (Tiainen 2022, 187).

3.4 Valaistussuunnittelu

Hyvässä valaistuksessa on oleellista se, että vaaditun valaistusvoimakkuuden lisäksi myös laadulliset ja määrälliset tarpeet täytetään. Valaistusvaatimuksia määriteltäessä otetaan huomioon kolme perusasiaa, näitä ovat näkömukavuus, näkötehokkuus ja turvallisuus. Ympäristön valaistuksen tärkeimmät tekijät ovat luminanssijakauma, valaistusvoimakkuus, häikäisy, valon suuntaus, valon väri, värintoisto-ominaisuudet, välkyntä ja valon vaihtelevuus. (SFS-EN 12464-1 2021, 7).

Valaistussuunnittelua tehdessä on otettava edellisten tekijöiden huomioimiseksi huomioon suositellut valaistusvoimakkuudet, jotka on annettu standardissa SFS-EN 12464-1/2021. Valaistusvoimakkuuden lisäksi on huomioitava koko järjestelmän toiminta, energiatehokkuus ja vaihtelevuus. Standardi ei ota suoraan kantaa asuinrakennuksen valaistuksen suunnitteluun. Asuinrakennuksen eri tilojen suositeltuja valaistusvoimakkuuksia löytyy hyvin eri valaisin toimittajilta. Standardista löytyviä arvoja voidaan kyllä tietyiltä osin soveltaa myös asuinrakennuksiin.

4 AUTOTALLIN SÄHKÖSANEERAUKSEN SUUNNITTELU

4.1 Lähtötietojen selvittäminen

Työ aloitettiin tutkimalla löytyisikö vanhoista sähköasennuksista mitään dokumentteja. Dokumentteja ei löytynyt, joten asennukset oli käytävä läpi paikan päällä kohteessa. Ensin rakennuksesta tehtiin pohjakuva AutoCAD-ohjelmalla paikan päällä otettujen mittojen perusteella. Tätä tarkoitusta varten pyrittiin melko yksinkertaiseen pohjakuvaan, josta ylimääräiset yksityiskohdat on tarkoituksella jätetty pois, koska niillä ei olisi saanut mitään lisäarvoa kuvaan. Vanhojen asennusten sähköpisteet piirrettiin paperiselle pohjakuvalle aluksi käsin ja sen jälkeen siihen lisättiin vielä niiden väliset johdotukset. Lopuksi kuva piirrettiin puhtaaksi Cadmatic-ohjelmalla. Vanhat asennukset on esitetty liitteessä 1.

Vanhoja asennuksia näkyy kuvassa 1. Asennukset ovat tehty pinta-asennuksena ja kaapelit on kiinnitetty naulakiinnikkeillä. Kalusteet ovat osin rikki tai muuten hyvin kuluneet. Rakennukseen tulevat syöttökaapelit ovat upotettu maahan ja ne ovat jääneet pihakivetyksen alle.



KUVA 1. Vanhoja asennuksia.

Syöttökaapeleiden ja koko rakennuksen suojaus on päärakennuksen lämmönjakohuoneen ryhmäkeskuksessa, jossa sulakkeiden merkinnät ovat hyvin epäselvät. Autotallia syöttävä keskus on esitetty kuvassa 2. Asennuksiin on tehty vuosien saatossa lisäyksiä ja muutoksia ja siksi alkuperäiset dokumentitkaan eivät ole ajan tasalla. Asennukset on kuitenkin tehty sen ajan määräyksiä noudattaen.



KUVA 2. Autotallia syöttävä keskus.

Vanhoihin asennuksiin tutustumisen jälkeen käytiin keskusteluja rakennuksen omistajien kanssa heidän omista toiveistaan. Heidän yhtenä toiveena oli saada pistorasiaryhmät järkevän kokoisiksi, jotta ne kestäisivät paremmin kuormitusta. Esimerkiksi nyt rakennuksessa ei ole ollut mahdollisuutta käyttää auton lämmitystä molemmilla autoilla samanaikaisesti. Haluttiin myös varautua mahdollisesti myöhemmin tulevaan aurinkosähköjärjestelmään. Kyseinen rakennus on pihapiirissä ainoa paikka, mihin on järkevää asentaa aurinkopaneelit. Sähköautonlatauspisteen tarvetta pidettiin toistaiseksi epätodennäköisenä, mutta siihen haluttiin kuitenkin osittain varautua. Yhdeksi tärkeäksi toiveeksi tuli valaistuksen uusiminen nykyaikaseksi ja energiatehokkaaksi. Eli lähdettiin sen pohjalta miettimään

tiloihin nykyaikaisia LED-valaisimia. Valaistuksenohjaukseksi haluttiin myös jotain muuta kuin normaalia päälle/pois kytkintä.

Näiden keskustelujen jälkeen päädyttiin siihen lopputulokseen, että vanhoja asennuksia ei ole syytä säilyttää, vaan uusia kaikki asennukset. Uusimalla kaikki asennukset varmistetaan myös asennusten kuormituksen kestosta ja suojauksen toimivuudesta. Pihavaloiaksi päädyttiin kuitenkin jättämään vanhat valaisimet, koska ne on uusittu muutaman vuoden sisällä. Näin ollen kaikkien edellä mainittujen syiden pohjalta lähdettiin miettimään rakennukseen uusia sähkö- ja valaistussuunnitelmia.

4.2 Laskelmat ja mitoitukset

Varsinainen suunnittelutyö aloitettiin tekemällä tarvittavat laskelmat ja mitoitukset kohteelle. Laskelmat ja mitoitukset aloitettiin laskemalla autotallille mitoittava teho. Laskelmien perusteella saatiin valittua sopivat suojalaitteet ja kaapelit rakennuksen asennuksille. Ensin laskettiin sähköautonlatauspisteelle vaadittava mitoittava teho kaavalla 2,

$$P_{\text{latauspiste}} = \frac{0,2 \frac{\text{kWh}}{\text{km}} \cdot 400 \text{ km}}{10 \text{ h}} = 8 \text{ kW}.$$

Latauspisteen mitoittavaksi tehoksi saatiin siis 8 kW ja rakennuksen muille sähköille saatiin arvioitua mitoittavaksi tehoksi 4,5 kW. Muiden sähköjen osuus koostuu lämpimän varaston lämmityspatterista, kaikesta valaistuksesta ja pistorasia kuormista. Pistorasiakuormiksi laskettiin toiselle autolle lämmitys sekä muita pistorasiakuormia olivat pakastin ja jääkaappi. Valaistukselle laskettiin tehoksi tässä vaiheessa 7 W/m². Yhteensä mitoittavaksi tehoksi saatiin siis 12,5 kW, jolla mitoitus laskettiin. Seuraavaksi laskettiin mitoittavan tehon perusteella mitoitusvirta sijoittamalla arvot kaavaan 1

$$I_B = \frac{12500 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 0,95} = 18,99 \text{ A}.$$

Näin ollen mitoitusvirraksi saatiin pyöristettynä 19 A. Rakennuksen nousujohtoa suojaamaan valittiin tässä vaiheessa 20 ampeerin gG-typin sulakkeet. Seuraavaksi määriteltiin suojalaitteen perusteella nousujohdolta vaadittava kuormitettavuus kaavalla 7,

$$I_Z = \frac{1,6}{1,45} \cdot 20 \text{ A} \approx 22,1 \text{ A}.$$

Nousujohdon on siis kestävä 22,1 A kuormitusta, jotta 20 A sulake suojaa johtoa. Johdon kulkureitti on maan alla ilman putkea noin 5 metriä, ilman muita kaapeleita ja lämpötila laskettiin +25°C mukaan. Edellisten tietojen perusteella katsottiin korjauskertoimet C kyseiselle asennustavalle, standardin SFS 6000-5-52 taulukoista. Taulukon B.52.1 mukaan johdon asennustapa on D2. Lämpötilalle +25°C korjauskerroin on 0,95, muita korjauskertoimia ei tässä tapauksessa tarvittu. Lasketaan korjauskertoimen perusteella johdolle uusi vaadittava kuormitettavuus kaavalla 8,

$$I_{Z'} = \frac{22,1 \text{ A}}{0,95} \approx 23,3 \text{ A}.$$

Kuormitettavuus on siis oltava korjauksien jälkeen 23,3 A. Valitaan sopiva kaapeli taulukon B.52.4 mukaisesti asennustavalle D2 ja edellä lasketulle kuormitettavuudelle. Nousujohdoksi riittäisi taulukon perusteella 2,5 mm² kuparikaapeli. Ennen kaapelin lopullista valintaan laskettiin kuormitettavuus myös käytössä olevalle toiselle asennustavalle. Johto kulkee myös putkessa seinän pinnassa noin 1,5 metriä, kun se lähtee keskukselta, sekä kun se nousee autotalliin. Näiden tietojen perusteella katsottiin korjauskertoimet C myös kyseiselle asennustavalle, standardin SFS 6000-5-52 taulukoista. Taulukon B.52.1 mukaan tämä johdon asennustapa on B2. Lämpötilalle +25°C korjauskerroin on 1,06, muita korjauskertoimia ei tässäkään tapauksessa tarvittu.

Lasketaan tämän korjauskertoimen perusteella johdolle uusi vaadittava kuormitettavuus kaavalla 8,

$$I_{Z'} = \frac{22,1 \text{ A}}{1,06} \approx 20,8 \text{ A}.$$

Kuormitettavuus on siis oltava näiden korjauksien jälkeen 20,8 A. Nousujohdoksi pitäisi taulukon perusteella valita 4 mm² kuparikaapeli. Eli edellisten tietojen perusteella nousujohdoksi pitäisi valita 4 mm² kuparikaapeli, mutta koska sellaista maakaapelia on hankala löytää, niin päädyttiin suoraan valitsemaan 6 mm² kuparikaapeli. Seuraavaksi oli varmistuttava syötön automaattisen poiskytkennän toiminnasta oikea aikaisesti. Verkon omistaja ilmoittaa verkon oikosulkuvirraksi 250 A ja sen perusteella pystyttiin laskea verkon impedanssi kaavalla 9,

$$Z_v = \frac{0,95 \cdot 400 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot 250 \text{ A}} \approx 0,877 \Omega.$$

Lisäksi laskettiin impedanssi vanhalle keskukselle asti. Vanhojen keskusten välillä kulkee MMJ 5x6 mm² johto ja sen pituus on noin 10 metriä.

$$Z_{RK1} = 0,877 \Omega + \left(2 \cdot 3,66 \frac{\Omega}{\text{km}} \cdot 0,010 \text{ km}\right) \approx 0,950 \Omega.$$

Eli kokonaisimpedanssi vanhalla ryhmäkeskuksella on 0,950 Ω, seuraavaksi pystyttiin laskemaan oikosulkuvirta uuden nousujohdon päähän. Lisättiin arvot kaavaan 10,

$$I_{RK2} = \frac{0,95 \cdot 400 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot \left(\left(0,008 \text{ km} \cdot 2 \cdot 3,66 \frac{\Omega}{\text{km}}\right) + 0,950 \Omega \right)} \approx 361,4 \text{ A}.$$

Laskettu oikosulkuvirta uuden nousujohdon päässä oli 361,4 A ja D1-käsikirjan taulukossa 41.5. annettu pienin vaadittu oikosulkuvirta 20 A gG-sulakkeelle on 85 A jotta sulake toimisi alle 5,0 sekunnissa. Nousujohdon suojausten todettiin olevan kunnossa.

Seuraavaksi laskettiin ryhmäjohtojen maksimi pituudet l eri johdonsuojakatkaisijoita käytettäessä, käyttäen kaavaa 11. Maksimi pituuksille on myös valmiita taulukoita, mistä ne voitaisiin katsoa. Pituudet lasketaan B10, C10, B16 ja C16 tyyppin

johdonsuojakatkaisijoille. Edellisille vaaditut pienimmät oikosulkuvirrat I_k ovat samassa järjestyksessä 50 A, 100 A, 80 A ja 160 A jotta ne toimisivat 0,4 sekunnissa (Tiainen 2022, 94-95). Laskennassa myös oletetaan, että 16 ampeerin johdonsuojakatkaisijoilla käytetään 2,5 mm² kuparikaapelia ja 10 ampeerin johdonsuojakatkaisijoilla 1,5 mm² kuparikaapelia. Impedanssit z kyseisille kaapeleille on 8,77 Ω/km ja 14,62 Ω/km. Laskut esitetään edellä aiemmin mainitussa järjestyksessä.

$$l_{B10} = \frac{\frac{0,95 \cdot 400 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot 50 \text{ A}} - 1,01 \text{ } \Omega}{2 \cdot 14,62 \frac{\Omega}{\text{km}}} \approx 115 \text{ m,}$$

$$l_{C10} = \frac{\frac{0,95 \cdot 400 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot 100 \text{ A}} - 1,01 \text{ } \Omega}{2 \cdot 14,62 \frac{\Omega}{\text{km}}} \approx 40 \text{ m,}$$

$$l_{B16} = \frac{\frac{0,95 \cdot 400 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot 80 \text{ A}} - 1,01 \text{ } \Omega}{2 \cdot 8,77 \frac{\Omega}{\text{km}}} \approx 98 \text{ m,}$$

$$l_{C16} = \frac{\frac{0,95 \cdot 400 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot 160 \text{ A}} - 1,01 \text{ } \Omega}{2 \cdot 8,77 \frac{\Omega}{\text{km}}} \approx 19 \text{ m.}$$

Lopuksi laskettiin vielä jännitteenalenema kaavalla 12,

$$u = \left(0,0225 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot \frac{25 \text{ m}}{2,5 \text{ mm}^2} \right) \cdot 16 \text{ A} = 3,6 \text{ V.}$$

Laskennassa on käytetty kauimmassa pisteessä olevan pistorasian johdon pituutta. Pituudeksi laskettiin kuvasta 25 metriä ja johdin materiaalina on kupari, jolloin johdin materiaalin resistiivisyys on $0,0225 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}$. Suhteellinen jännitteen alenema voitiin laskea lopuksi kaavalla 13

$$\Delta u = 100 \% \cdot \frac{3,6 \text{ V}}{230 \text{ V}} \approx 1,6 \%,$$

joten laskujen perusteella jännitteenaleneman suhteen oltiin suositelluissa rajoissa. Jos laskun arvo olisi mennyt yli suositeltujen rajojen olisi pitänyt kokeilla laskea jännitteenalenema uudestaan paksummalla kaapelilla tai lyhyemmällä johdolla.

4.3 Sähkösuunnittelu

Varsinaisten sähkösuunnitelmien tekeminen aloitettiin samalle pohjalle, kun mihin vanhat asennukset oli jo piirretty. Ensimmäisenä kuvasta poistettiin kaikki purettavaksi suunnitellut pisteet ja kaapeloinnit. Jätettävät pisteet tai laitteet vaihdettiin kaikki saman värisiksi, jotta jatkossa voidaan erottaa vanhat uusista. Alkuvaiheiden jälkeen kuvaan lisättiin valaisimet Dialux suunnitelmien pohjalta. Seuraavaksi kuvaan sijoitettiin pistorasiat kaikille sellaisille laitteille, joille haluttiin oma sähkönsyöttö. Tässä vaiheessa sellaisia laitteita oli molempien autotallien sähkövet, autojen lämmityspistorasiat, sekä lämpimän varaston sähkölämmitin. Sitten sijoitettiin pistorasioita suunnitellun käyttötarpeen mukaisesti eri puolille eri tiloja. Lopuksi sijoitettiin jokaiseen tilaan valoille katkaisija, vaikka valaisimiksi valikoitui tutkaohjatut valaisimet. Katkaisijoilla voidaan kuitenkin kytkeä valaisimet pois päältä kokonaan, jolloin tutkaohjauskaan ei ole käytössä.

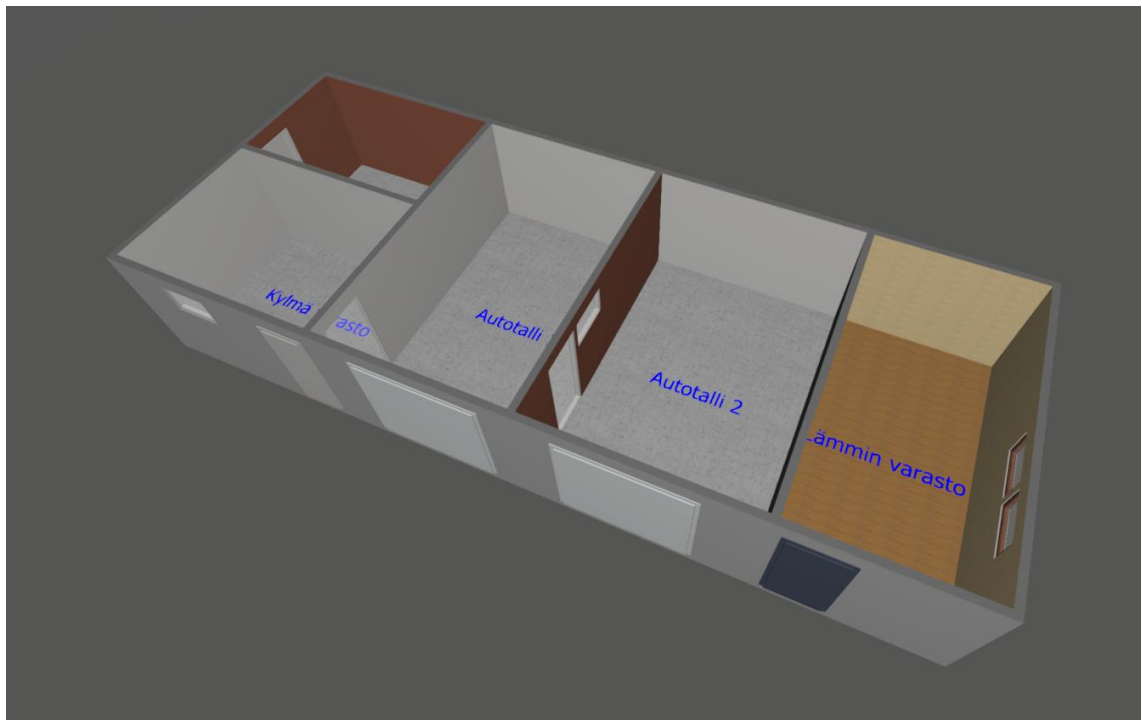
Edellisten vaiheiden jälkeen alettiin etsimään eri valmistajien valikoimista valmista tarkoitukseen sopivaa keskusta. Lopulta päädyttiin valitsemaan UTU:n valikoimasta Basset-malliston IP44 luokiteltu pinta-asenteinen ryhmäkeskus. Tulevaisuutta ajatellen päädyttiin nimellisvirraltaan 50 ampeerin versioon pienemmän 35 ampeerin sijasta. Tällä haluttiin varmistua siitä, että keskus soveltuu myöhemmin myös aurinkosähköjärjestelmän kanssa käytettäväksi. Valitussa versiossa oli valmiina johdonsuojakatkaisijoita yhteensä 24 kappaletta ja vikavirtasuojia oli 2 kappaletta. Varatilaakin keskuksessa oli 9 moduulin verran. (UTU-konserni n.d.). Pisteiden sijoituksen ja keskuksen valinnan jälkeen aloitettiin suunnittelemaan keskuksen ryhmiä. Jo aikaisemmin mietityille omille syötöille haluttaville pistora-

sioille valittiin ensin sopivat suojalaitteet keskukselta. Sen jälkeen päädyttiin laittamaan valaistus kolmeen ryhmään. Lopuksi loput pistorasiat ryhmiteltiin tiloittain eri suojalaitteiden taakse. Ryhmien päättämisen jälkeen tasopiirustukseen tehtiin johdotukset. Johdotusten teon yhteydessä piirustukseen lisättiin muutamia jakorasioita tarpeen mukaisesti paikkoihin. Ryhmien syötöt päätettiin pääosin vetää välipohjan kautta, jolloin pintavetojen määrä vähenee huomattavasti ja näin ollen helpotetaan asennusten tekemistä siltä osin. Pisteiden väliset johdotukset joka tilassa päätettiin tehdä pintavetoina. Uudet sähköasennukset on esitetty liitteessä 2. Keskuksen kokoonpanokuva on esitetty liitteessä 3 ja keskuksen pääkaavio on esitetty liitteessä 4.

Viimeisenä vaiheena suunnitelmien teossa oli tehdä nousujohto- ja maadoituskaavio, joka on esitetty liitteessä 5. Nousujohtokaavioon merkittiin jokainen asennuksiin liittyvä keskus sekä niiden väliset kaapeloinnit. Maadoituskaavioon pyrittiin merkitsemään myös kaikki asennuksiin liittyvät maadoitukset, mutta päärakennuksen kaikista maadoituksista ei saatu täyttä varmuutta. Myöskään ei voida täydellä varmuudella sanoa, miten piiloon jääneet maadoitukset on alun perin toteutettu.

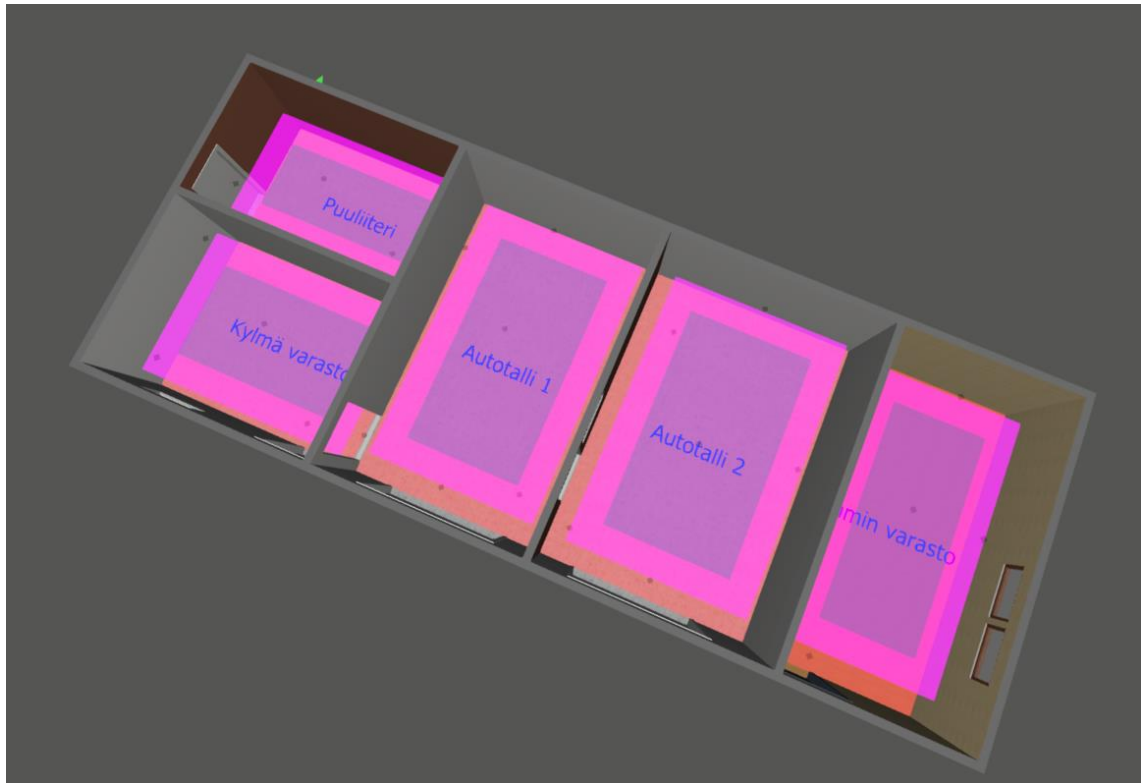
4.4 Valaistussuunnittelu

Valaistussuunnittelu aloitettiin mallintamalla koko rakennus Dialux-ohjelmalla. Mallista pyrittiin tekemään mahdollisimman todenmukainen, siihen lisättiin olemassa olevat aukot, ikkunat ja ovet sekä pintojen värit valittiin mahdollisimman lähelle todellisia värejä. Tiloissa olevia hyllyjä tai muita irtokalusteita ei otettu mallissa huomioon, koska niiden paikat voivat muuttua. Kuvassa 3 on esitetty tilan Dialux visualisointi, ilman valaisimia, työalueita tai muita laskentapisteitä.



KUVA 3. Visualisoitu rakennus.

Kuvassa 4 on esitetty tilan visualisointi, jossa näkyy työalueet ja UGR-laskentapisteet. Työalueiksi määriteltiin jokaisen tilan keskelle alue korkeuteen 800 mm ja UGR-laskentapisteet sijoitettiin ympäri tiloja 1600 mm korkeuteen. UGR-laskentapisteellä tarkoitetaan pistettä, joka laskee valon häikäisyarvon kyseisessä pisteessä. Näiden lisäksi seinissä ja katoissa on jokaisessa tilassa laskenta-alueet, jotka eivät kuitenkaan näy kuvassa.



KUVA 4. Visualisoitu rakennus laskentakohteilla.

Ensimmäisessä vaihtoehdossa käytettiin kahta eri kokoista Enston Monix Slim valaisinta. Käytetyt koot olivat 1200 mm ja 900 mm pitkiä. Vain puuliiterissä käytettiin 900 mm pitkiä, muissa tiloissa oli kaikissa 1200 mm pitkät. Valaisimet ovat pinta-asennettavia, koteloituokaltaan IP44 luokiteltuja muovikuvullisia LED-valaisimia. Sähköteholtaan ne ovat 55 W ja 43 W ja vastaavasti valovirrat ovat 6200 lumenia ja 4480 lumenia. Valaisimet eivät sovellu ketjutettaviksi ja se on otettava huomioon johdotuksia suunniteltaessa. Valonlähde on vaihdettavissa ja vaihdettavia lamppeja on yksi kappale per valaisin. Valitut valaisimet ovat värilämpötilaltaan 4000 kelviniä, saatavilla olisi myös värilämpötilalla 3000 kelviniä. Valaisinta on tarjolla kolmella eri ohjaustavalla, joita ovat normaali on/off, DALI tai tutkaohjaus. Valitut valaisimet ovat tutkaohjauksella varustettuja. (Legrand Finland n.d.).

Alla olevassa taulukossa 3 on verrattu ensimmäisen vaihtoehdon valaistuslaskennan tuloksia standardin SFS-EN 12464-1/2021 minimivaatimukseen. Standardin tasot on otettu standardin taulukosta 13, logistiikka- ja varastotilat-avoin varastotila. Standardi ei suoraan ota kantaa työkohteena olevaan rakennustyyppiin, mutta laskelmille haluttiin joku vaatimustaso ja siksi valittiin kyseinen vertailutaulukko.

TAULUKKO 3. Rakennuksen valaistuslaskelman tulokset vaihtoehdolla yksi.

	Standardin minimivaatimustaso lx (U_0)	Autotalli 1	Autotalli 2	Kylmä va- rasto	Lämmin va- rasto	Puuliiteri
Käyttötaso, E_m	≥ 200 (0,40)	471 (0,61)	408 (0,47)	367 (0,53)	488 (0,58)	419 (0,55)
Valaistusvoimakkuus, Seinät, E_m	≥ 50 (0,10)	310 (0,81)	252 (0,77)	228 (0,83)	310 (0,74)	276 (0,78)
Valaistusvoimakkuus, Katto, E_m	≥ 30 (0,10)	207 (0,91)	207 (0,57)	190 (0,70)	186 (0,69)	183 (0,52)
Työalue, E_m	≥ 150 (0,40)	588 (0,73)	533 (0,71)	494 (0,66)	603 (0,73)	522 (0,87)
Ympäröivä alue, E_m	≥ 150 (0,40)	409 (0,73)	348 (0,68)	318 (0,70)	432 (0,71)	417 (0,64)
Tausta-alue, E_m	$\geq 66,7$ (0,10)	369 (0,82)	303 (0,73)	275 (0,75)	309 (0,83)	173 (0,84)
UGR_{maks}	$\leq 25,0$	24,5	24,5	23,8	25,0	25,0
Sylinteri, E_m	≥ 50	336	278	273	325	280
Muodonanto	0,30– 0,60	0,51	0,48	0,45	0,46	0,36
Ominaisliitäntäteho, W/m^2	-	5,31	4,86	4,42	6,39	8,60
Ominaisliitäntäteho, $W/m^2/100$ lx	-	1,13	1,19	1,20	1,31	2,05

Toisessa vaihtoehdossa käytettiin Glamoxin valmistamaa i60 valaisinta. Käytetty valaisin oli jokaisessa tilassa 1500 mm pitkä. Myös nämä valaisimet ovat pinta-asennettavia ja kotelointiluokaltaan IP44 luokiteltuja muovikuvullisia LED-valaisimia. Sähköteholtaan ne ovat 36 W ja vastaavasti valovirta on 5115 lumenia. Valaisimet soveltuvat ketjutettaviksi, joka helpottaa johdotuksien suunnittelua. Valonlähde ei ole näissä vaihdettavissa. Värilämpötilaksi näissäkin valikoitui 4000 kelviniä ja saatavilla olisi myös värilämpötilaltaan 3000 kelviniä. Näitäkin on saatavilla samoilla kolmella eri ohjaustavalla kuten ensimmäisessäkin vaihtoehdossa. Valitut valaisimet ovat päälle/pois ohjauksella, toisissa vaihtoehdoissa on hieman eri sähkötehoja ja valovirtoja. (Glamox n.d.).

Alla olevassa taulukossa 4 on verrattu toisen vaihtoehdon valaistuslaskennan tuloksia standardin SFS-EN 12464-1/2021 minimivaatimukseen kuten edellisessäkin taulukossa.

TAULUKKO 4. Rakennuksen valaistuslaskelman tulokset vaihtoehdolla kaksi.

	Standardin minimaati- mustaso lx (U_0)	Autotalli 1	Autotalli 2	Kylmä va- rasto	Lämmin va- rasto	Puuliiteri
Käyttötaso, E_m	≥ 200 (0,40)	378 (0,62)	320 (0,48)	532 (0,59)	381 (0,59)	446 (0,43)
Valaistusvoi- makkuus, Sei- nät, E_m	≥ 50 (0,10)	263 (0,88)	212 (0,79)	335 (0,90)	256 (0,72)	242 (0,78)
Valaistusvoi- makkuus, Katto, E_m	≥ 30 (0,10)	174 (0,89)	238 (0,39)	279 (0,74)	161 (0,65)	270 (0,33)
Työalue, E_m	≥ 150 (0,40)	461 (0,76)	411 (0,73)	633 (0,74)	466 (0,76)	598 (0,68)
Ympäröivä alue, E_m	≥ 150 (0,40)	334 (0,76)	278 (0,66)	497 (0,71)	342 (0,74)	438 (0,52)
Tausta-alue, E_m	$\geq 66,7$ (0,10)	314 (0,82)	240 (0,76)	405 (0,78)	242 (0,84)	251 (0,90)
UGR_{maks}	$\leq 25,0$	22,9	24,0	22,0	2,2	24,7
Sylinteri, E_m	≥ 50	275	223	391	258	291
Muodonanto	0,30– 0,60	0,53	0,49	0,49	0,46	0,38
Ominaisliitän- täteho, W/m^2	-	3,47	3,18	5,79	4,18	7,20
Ominaisliitän- täteho, $W/m^2/100$ lx	-	0,92	0,99	1,09	1,10	1,61

Tarkemmin valaistuslaskennan tuloksia on vertailtu liitteessä 6. Vertailun perusteella päädyttiin valitsemaan kohteen valaisimiksi ensimmäisen vaihtoehdon valaisimet. Tähän vaihtoehtoon päädyttiin useammasta eri syystä. Ensimmäisenä syynä tähän valintaan oli valaisimien hankintahinta, joka tällä vaihtoehdolla jäi noin 130 euroa halvemmaksi kuin toinen vaihtoehto. Kokonaisliitântäteho per neliometri jää näillä valaisimilla hieman suuremmaksi kuin toisilla, mutta vastaavasti valotehoa saadaan hieman enemmän. Lisäksi näissä valaisimissa oli sisäänrakennettu liiketunnistin, toki toisiinkin olisi sen saanut, mutta silloin niiden hinta olisi kasvanut entisestään. Ainoana huonona puolena näissä valaisimissa on läp johdotuksen puute, jolloin joudutaan jokainen valaisin johdottamaan omalla johdolla jakorasiasta.

5 POHDINTA

Työn tavoitteena oli tuottaa tarvittavat piirustukset sähkö saneerausta varten ja siinä onnistuttiin. Alussa sähkötekniisissä laskelmissa käytiin melko hyvin läpi kaikki olennaisimmat laskelmat, joita suunnittelussa pitää tehdä. Sen jälkeen käytiin erilaiset tuotettavat dokumentit läpi melko pinnallisesti. Kuitenkin niin, että niistä saa hyvän peruskäsityksen mitä kaikkea missäkin piirustuksessa esitetään. Valaistussuunnittelusta olisi voinut kertoa enemmänkin, mutta tässä työssä ei haluttu keskittyä siihen kauhean syvällisesti. Se oli kuitenkin vain yksi osa koko työtä.

Varsinainen suunnitteluvaihe eteni hyvin ja ilman sen suurempia ongelmia. Suurimpana haasteena suunnittelua aloitettaessa oli vanhojen asennusten selvittäminen. Lopulta kuitenkin ne saatiin selväksi ja päästiin suunnittelemaan uutta. Uusissa asennuksissa oli pääasiassa vain täysin perusjuttuja, joten siinä ei ollut ongelmia piirtämisessä. Ennen suunnittelua tehdyissä laskemisissa pyrittiin ottamaan huomioon kaikki tiedossa olevat lähtötiedot. Aurinkosähköjärjestelmästä ei ollut tässä vaiheessa tietoa saatavilla, joten sitä ei voitu laskemisissa huomioida. Kuitenkin se pyrittiin jo huomioimaan ennakoivasti keskuksen ja nousujohdon valinnassa.

Valaistussuunnittelussa olisi voinut käyttää aikaa enemmänkin ja esimerkiksi mallintaa tiloja tarkemminkin. Tässä päädyttiin kuitenkin tekemään suunnittelu melko yksinkertaiseksi ja niin, että pystyttiin vertailemaan kahta erilaista valaisinta samoissa tiloissa. Vertailu saatiin tehtyä ja tuloksissakin saatiin eroja aikaiseksi, joiden perusteella saatiin valittua hinta-laatusuhteeltaan hyvät valaisimet.

LÄHTEET

Ahoranta, J. 2003. Sähköasennustekniikka, 1.-3.painos. Porvoo: WS Bookwell Oy.

Glamox. n.d. i60. Verkkosivu. Viitattu 25.2.2024. <https://www.glamox.com/fi/pbs/tuotteet/sisavalaistus/teollisuusvalaisimet/i60/>

Laki rakennusten varustamisesta sähköajoneuvojen latauspisteillä ja latauspistevalmiuksilla sekä automaatio- ja ohjausjärjestelmillä 29.12.2020/733. Viitattu 15.1.2024. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161434>

Legrand Finland. n.d. Monix Slim. Verkkosivu. Viitattu 25.2.2024. https://www.legrand.fi/fi/tuotteet/monix-slim?current_tab=tab-A

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

SFS 6000-1. 2022. Pienjännitesähköasennukset osa 1. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Viitattu 25.2.2024. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

SFS 6000-5-52. 2022. Pienjännitesähköasennukset osa 5-52. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Viitattu 25.2.2024. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

SFS-EN 12464-1. 2021. Sisätilojen työkohteiden valaistus. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Viitattu 15.1.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

ST-kortti 13.31. 2021. Rakennuksen sähköverkon ja liittymän mitoittaminen. Espoo: Sähköinfo Oy. Viitattu. 25.2.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://severi-sahkoinfo-fi.libproxy.tuni.fi/>

ST-kortti 13.30. 2020. Sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien käyttödokumentit. Espoo: Sähköinfo Oy. Viitattu. 25.2.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://severi-sahkoinfo-fi.libproxy.tuni.fi/>

ST-käsikirja 40. 2023. Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelu ja toteutus. Espoo: Sähköinfo Oy. Viitattu 25.2.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://severi-sahkoinfo-fi.libproxy.tuni.fi/>

ST-käsikirja 41. 2022. Sähköajoneuvot ja latausjärjestelmät. Espoo: Sähköinfo Oy. Viitattu 25.2.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://severi-sahkoinfo-fi.libproxy.tuni.fi/>

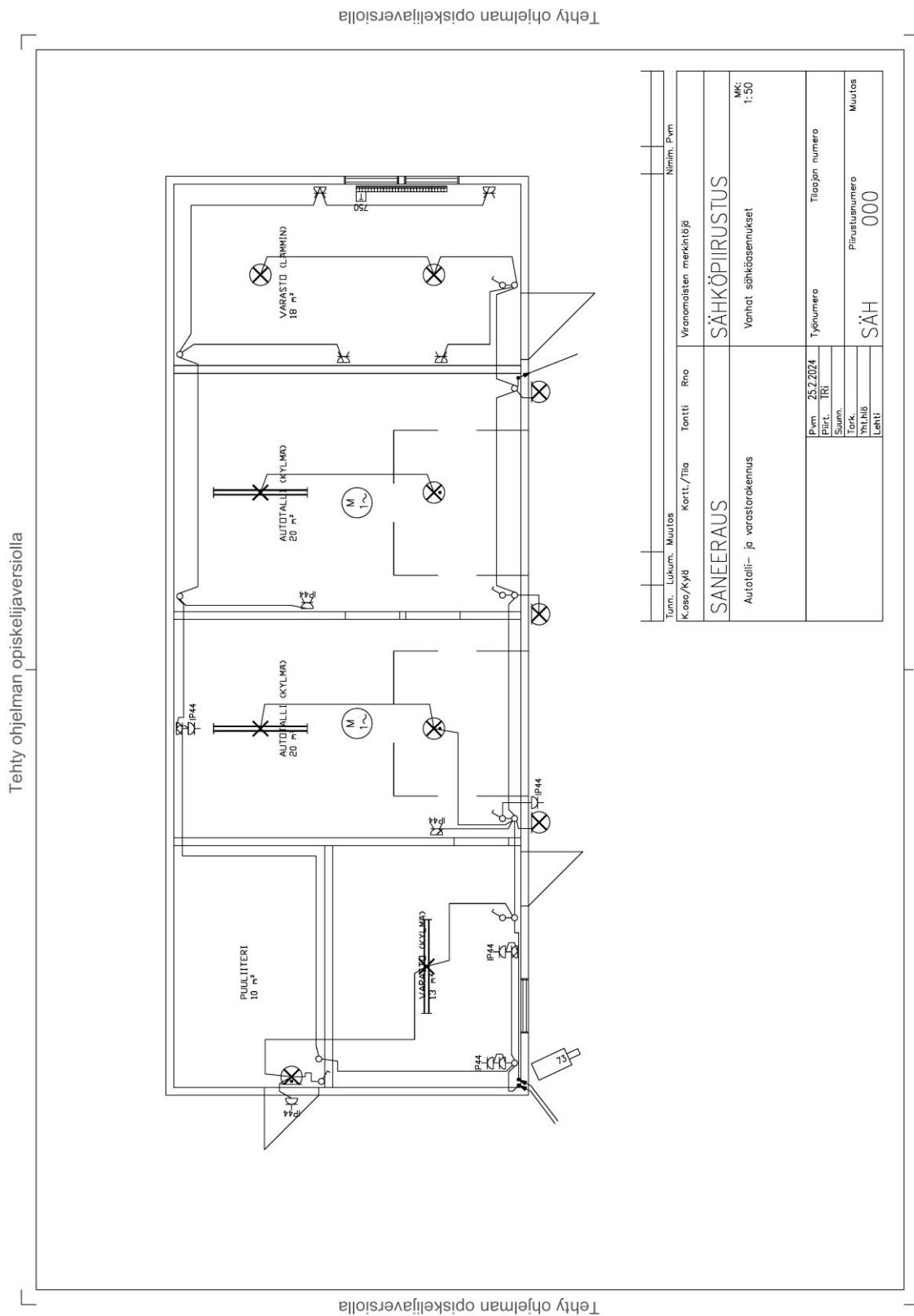
Tiainen, E. 2022. D1-2022 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista, 29. uud. painos. Espoo: Grano Oy.

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

UTU Oy. n.d. Ryhmäkeskus IP44, pinta-asennukseen, In 50A - BASSET3824V. Verkkosivu. Viitattu 10.3.2024. <https://www.utugroup.com/fi/tuotteet/ryhmakeskus-ip44-pinta-asennukseen-in-50a-2/>

LIITTEET

Liite 1. Tasopiirustus, vanhat sähköasennukset



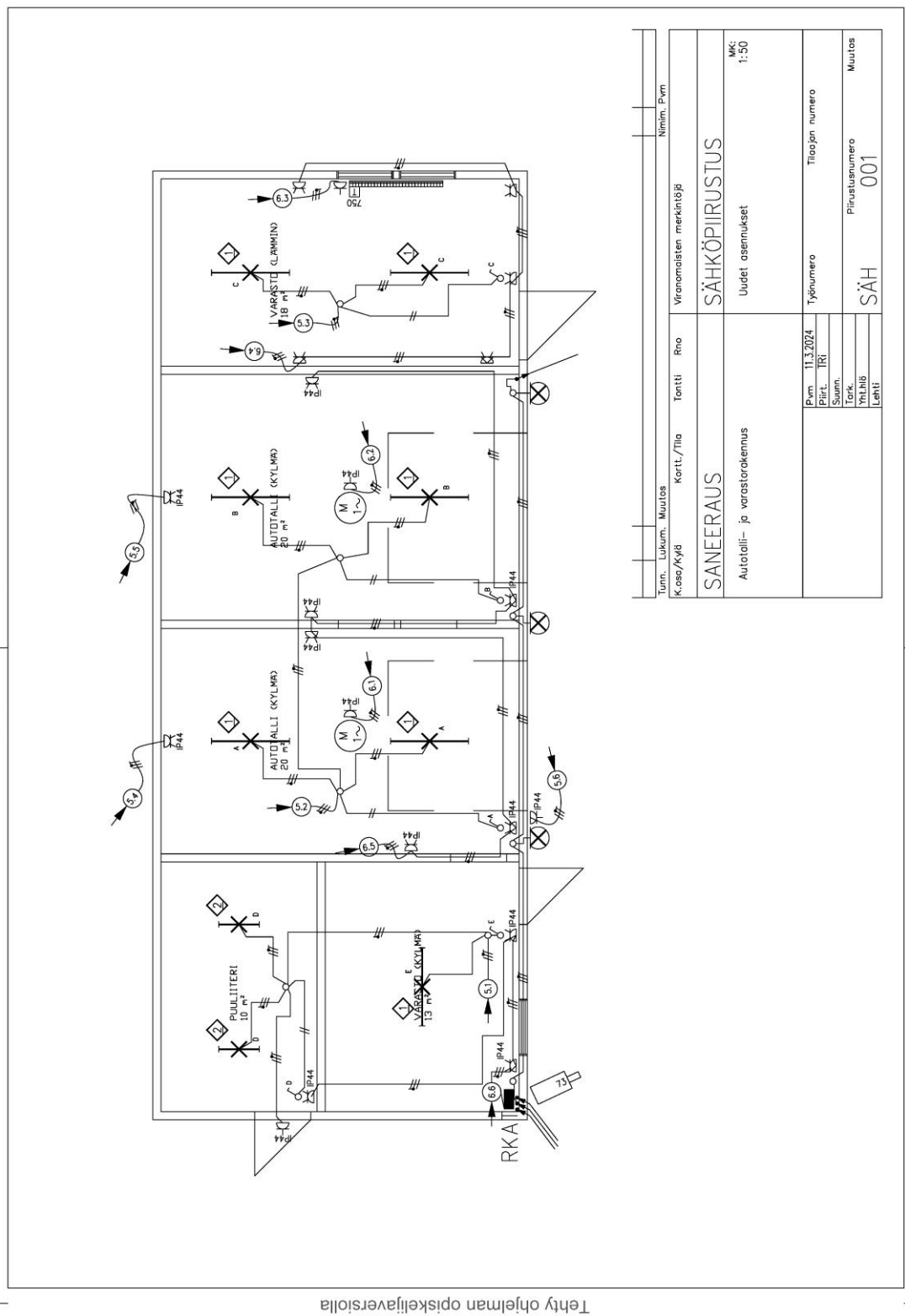
Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

Liite 2. Tasopiirustus, uudet sähköasennukset

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

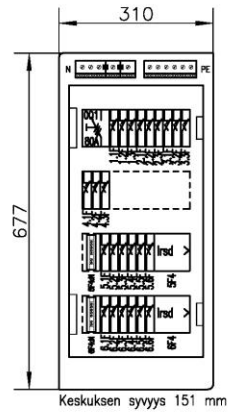


Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

Tunn.	Lukum.	Muutos	Kortti/Tila	Tontti	Rno	Niminen	Pvm
						Viranomaisten merkintöjä	
SANEERAUS			SÄHKÖPIIRUSTUS				
Autotalli- ja varastorakennus			Uudet osennukset				
Pvm	Työnumero	Tilaajan numero	Muutos				
11.3.2024	IRI		001				
Siirt.							
Suunn.							
Tark.							
Yht.hib							
Lehti							

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

Liite 3. Keskuskaavio, kokoonpanokuva



EN 61 439-3	Sähkö n:o 3427417	Nimellinen tasoituskerrain	2--3 autom./vaihe 0,8
Malli basset 3824 V			4--5 autom./vaihe 0,7
P _n / kW	I _{na} / A	U _n / V	P _n / kW
Nimellisjännite	U _n 400 V	Nimellistajuuus	50 Hz
Apupiirin nimellisjännite	- V	Suojaus sähköiskulta	Suojaeristys ja kotelointi
Nimellisristysjännite	U _i 400 V	Maadoitusjärjestelmä	TN-S järjestelmä
Nimellisvirta, keskus	I _{na} 50 A	Ympäristöolot	Normaalit
Nimellisvirta, piirit	I _{nc} - A	EMC-käyttöympäristö	A ja B
Terminen rajavirta	I _{ow} 1s < 10 kA	Paino	- kg
Dynaaminen rajavirta	I _{pk} - kA		

basset

UTU OY
MADE IN FINLAND

MALLI basset 3824 V

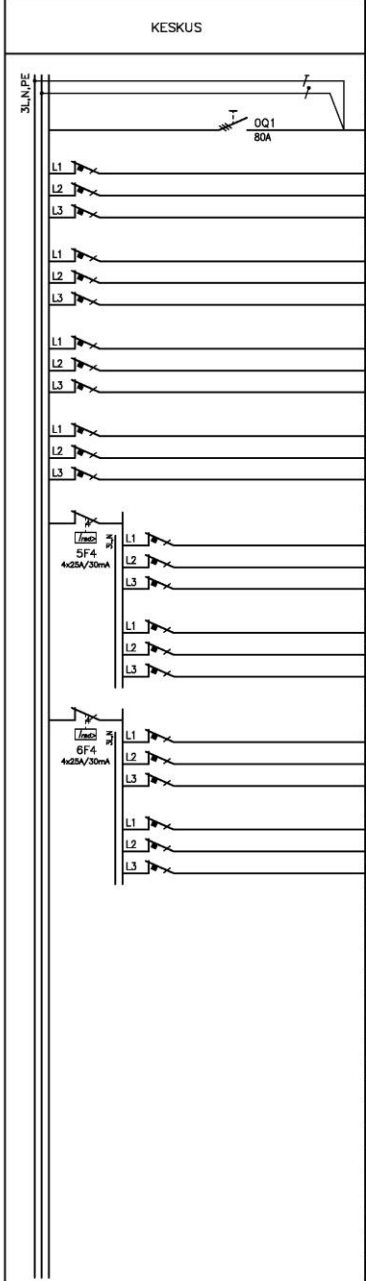
I_{na} 50 A EN 61 439-3

U_n 400 V IP 44

F 50 Hz TYÖ N:o

<p>UTU OY AHJONTE 1, 28400 ULVILA Puh. 02-550 800 www.utu.eu</p>	Suunn.	RP	Pvm.	7.1.2019	KOKOONPANOKUVA	Lehti	1/2	Arkistotunnus
	Tark.	JK	Muutos		Keskustunnus	Piir. n:o		
	Hyv.	PK	Suhde	1:10 (A4)	RKAT			3427417

Liite 4. Keskuskaavio, pääkaavio

KESKUS	NRO	NIMITYS	A/A	kw	JOHDOTUS
		Pääkytkin	80A		
L1	1.1		C10		
L2	1.2		C10		
L3	1.3		C10		
L1	2.1		C10		
L2	2.2		C10		
L3	2.3		C10		
L1	3.1		C16		
L2	3.2		C16		
L3	3.3		C16		
L1	4.1		C16		
L2	4.2		C16		
L3	4.3		C16		
L1	5.1	Vaiaistus, kylmä varasto ja puuliiteri	C10		MMJ 3x1,5 S
L2	5.2	Vaiaistus, autotallit 1 ja 2	C10		MMJ 3x1,5 S
L3	5.3	Vaiaistus, lämmin varasto	C10		MMJ 3x1,5 S
L1	5.4	Pistorasia, auton lämmitys 1	C16		MMJ 3x2,5 S
L2	5.5	Pistorasia, auton lämmitys 2	C16		MMJ 3x2,5 S
L3	5.6	Ulkopistorasia	C16		MMJ 3x2,5 S
L1	6.1	Pistorasia, autotallin 1 ovi	C10		MMJ 3x1,5 S
L2	6.2	Pistorasia, autotallin 2 ovi	C10		MMJ 3x1,5 S
L3	6.3	Pistorasia, sähkölämmitin	C10		MMJ 3x1,5 S
L1	6.4	Pistorasiat, lämmin varasto	C16		MMJ 3x2,5 S
L2	6.5	Pistorasiat, autotallit 1 ja 2	C16		MMJ 3x2,5 S
L3	6.6	Pistorasiat, kylmä varasto ja puuliiteri	C16		MMJ 3x2,5 S

UTU OY
 AHJONTE 1, 28400 ULVILA
 Puh. 02-550 800
 www.utu.eu

Suunn.	RP	Pvm.	7.1.2019
Tark.	JK	Muutos	
Hyv.	PK	Suhde	

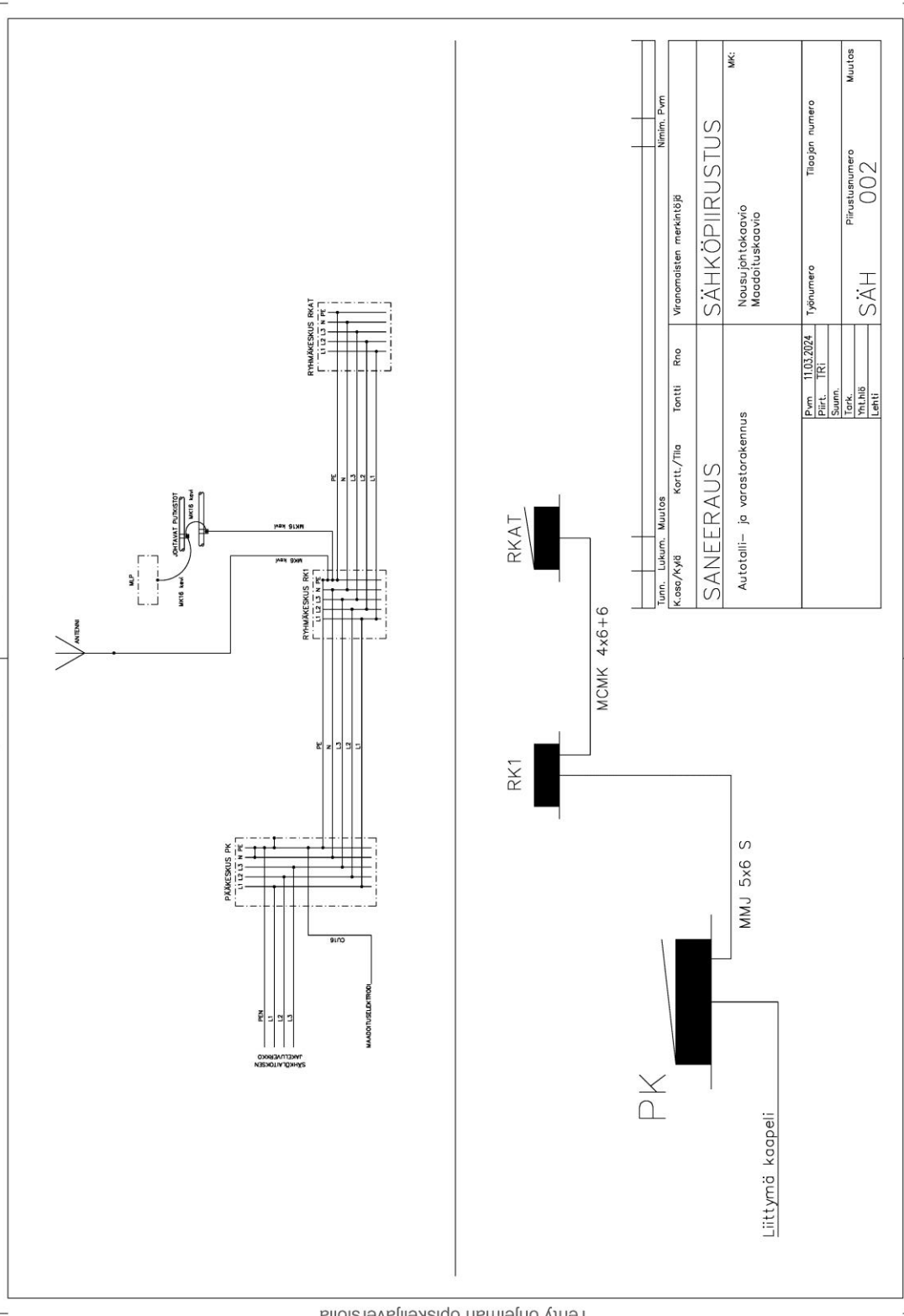
PÄÄKAAVIO
 Keskustunnus
 RKAT

Lehti 2/2
 Piir. n:o

Arkistotunnus
 3427417

Liite 5. Nousujohto- ja maadoituskaavio

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla



Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

Tunn.	Lukum.	Muutos	Kortti./Tila	Tontti	Rno	Viranomaisen merkintä	Nimim.	Pvm
SANEERAUS							SÄHKÖPIIRUSTUS	
Autotalli- ja varastorakennus							Nousujohtokaavio Maadoituskaavio	
MK:								
Pvm	11.03.2024	Työnumero	Tilaajan numero					
Piirt.	TRI	Summ.	Pirustusnumero			Muutos		
Tark.		Yht.lisä	SÄH			002		
Lehti								

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

Liite 6. Valaistuslaskennan tulosten vertailu

	Ensto Monix Slim					Glamox i60				
	Autotalli 1	Autotalli 2	Kylmä varasto	Lämmin varasto	Puuliiteri	Autotalli 1	Autotalli 2	Kylmä varasto	Lämmin varasto	Puuliiteri
Käyttötaso, E_m	471 0,61	408 0,47	367 0,53	488 0,58	419 0,55	378 0,62	320 0,48	532 0,59	381 0,59	446 0,43
Valaistusvoimakkuus, Seinät, E_m	310 0,81	252 0,77	228 0,83	310 0,74	276 0,78	263 0,88	212 0,79	335 0,90	256 0,72	242 0,78
Valaistusvoimakkuus, Katto, E_m	207 0,91	207 0,57	190 0,70	186 0,69	183 0,52	174 0,89	238 0,39	279 0,74	161 0,65	270 0,33
Työalue, E_m	588 0,73	533 0,71	494 0,66	603 0,73	522 0,87	461 0,76	411 0,73	633 0,74	466 0,76	598 0,68
Ympäristövä alue, E_m	409 0,73	348 0,68	318 0,70	432 0,71	417 0,64	334 0,76	278 0,66	497 0,71	342 0,74	438 0,52
Tausta-alue, E_m	369 0,82	303 0,73	275 0,75	309 0,83	173 0,84	314 0,82	240 0,76	405 0,78	242 0,84	251 0,90
UGR _{max}	24,5	24,5	23,8	25,0	25,0	22,9	24,0	22,0	2,2	24,7
Sylinteri, E_m	336	278	273	325	280	275	223	391	258	291
Muodonanto	0,51	0,48	0,45	0,46	0,36	0,53	0,49	0,49	0,46	0,38
Ominaisliitäntäteho, W/m^2	5,31	4,86	4,42	6,39	8,60	3,47	3,18	5,79	4,18	7,20
Ominaisliitäntäteho, $W/m^2/100 lx$	1,13	1,19	1,20	1,31	2,05	0,92	0,99	1,09	1,10	1,61
Hinta, €/tila	293,80	293,80	146,90	293,80	262,60	284,16	284,16	284,16	284,16	284,16
Kokonaishinta, €	1290,90					1420,80				