



samk



Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Satakunta University of Applied Sciences

MIKKO AULAPALO

# **Varastohalli/toimitilan sähkösuunnittelu**

SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOTEKNIIKAN TUTKINTO-OHJELMA  
2022

Tekijä Aulapalo, Mikko	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä 05/2022
	Sivumäärä 21	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi Varastohalli/toimitilan sähkösuunnittelu		
Tutkinto-ohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikka		
<p>Opinnäytetyössä tehtiin rakennettavaan varastohalli/toimitilaan sähkösuunnitelma yritykselle Karhu Group Oy. Suunnittelun alussa selvitettiin kohteen lähtötiedot ja tilaajan tarpeet. Tilaajalta saaduilla tiedoilla ja tarpeilla varmistettiin, että suunnitelmasta tulee halutun mukainen. Tavoitteena oli suunnitella mahdollisimman yksinkertainen, käytännöllinen ja kustannustehokas suunnitelma.</p> <p>Suunnitelman toteutuksessa käytettiin CADMATIC-ohjelmistoa. Teoriaosuudessa käsiteltiin sähkösuunnittelussa huomioon otettavia asioita ja standardia sekä määräyksiä.</p> <p>Kohteessa on varastohalli ja toimistotilat erikseen. Lopputuloksena saatiin näihin tiloihin toimiva rakennussähkö- ja heikkovirtasuunnitelma.</p>		
Avainsanat Sähkösuunnitelma, varastohalli, toimitila		

Author Aulapalo, Mikko	Type of Publication Bachelor's thesis	Date 05/2022
	Number of pages 21	Language of publication: Finnish
Title of publication Warehouse/office electrical planning		
Degree programme Electrical and Automation Engineering		
<p>In the thesis, an electrical plan was made for a warehouse/office space to be built for Karhu Group Oy. At the beginning of the design, the initial data of the site and the client's needs were determined. The information and needs of the client were used to ensure that the plan would be in accordance with the desired requirements. The aim was to design a plan that was as simple, practical- and cost-effective as possible.</p> <p>The CADMATIC software was used to implement the plan. The theoretical part covered the issues standards and regulations to be considered in electrical design.</p> <p>The site has a separate warehouse and offices. Result was a functional building electrical and low-current plan for these spaces.</p>		
Keywords Electrical plan, warehouse, office		

# SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	5
1.1 Aiheen rajausta, työn sisältö ja rakenne .....	5
2 KARHU GROUP OY .....	6
3 TEORIA .....	7
3.1 Rakennussähkö .....	7
3.2 Heikkovirta .....	9
3.3 Turvallisuus .....	9
3.4 Laskelmat .....	9
3.4.1 Pääsulakkeiden mitoitus .....	10
3.4.2 Liittymiskaapeli .....	11
4 TOTEUTUS .....	12
4.1 Pääsulakkeet ja liittymiskaapeli .....	12
4.2 Rakennussähkö .....	18
4.2.1 Kaapelireitit .....	18
4.2.2 Kaapelointi .....	18
4.2.3 Pistorasiat .....	18
4.2.4 Valaistus .....	19
4.3 Heikkovirta .....	20
5 YHTEENVETO .....	21
LÄHTEET	
LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

Suunnittelua aloitettaessa pidettiin palaveri tilaajan kanssa, hänen toiveistaan koskien kohdetta. Kiinteistö oli tarkoitus suunnitella niin, että sitä voi käyttää melkein mikä yritys vain. Kiinteistö suunnitellaan monikäyttöiseksi. Toimistotilat erikseen ja varasto-osuus siten, että sitä voi käyttää yrityksen varastona tai vaikka myymälä/varasto yhdistelmänä. Päällimmäisenä toiveena tuli kustannustehokkuus, käytännöllisyys ja monikäyttöisyys, koska kiinteistö on tarkoitus rakentaa vuokrakäyttöön. Suunnittelulta toivottiin yksinkertaisuutta siinä mielessä, ettei suunnitella liian monimutkaista kokonaisuutta ja turhia komponentteja. Suunnitelma toteutettiin siten, että se on mahdollisimman yksinkertainen tehdä käytännössä. Kustannustehokkuus hallien rakentamisessa on tänä päivänä todella tärkeää ja se alkaa suunnittelusta. Kustannustehokkuus korostuu siinä vaiheessa, kun aloitetaan miettimään kiinteistölle vuokra- tai myyntihintaa. Viitaten Rakennuslehden uutisen kappaleeseen (Sormunen 2021) ” Monen uuden liikuntalajin kasvuvauhdin jarruksi nousee sopivien harrastustilojen puute. Kunnat ja kaupungit ovat taloutensa kanssa jo valmiiksi tiukoilla, eikä pienillä seuroilla ja paikallisilla lajiaktiiveilla useinkaan ole rahaa, rahkeita ja yhteistyöverkostoja, joilla viedä kalliita tilahankkeita idea-asteelta toteutukseen saakka.”

### 1.1 Aiheen rajaus, työn sisältö ja rakenne

Työ on rajattu vahvavirtaan ja heikkovirtaan. LVI-suunnitelma ja paloturvallisuus-suunnitelma tulevat toiselta taholta kiinteistöön. Vahvavirtapuoleen kuuluu normaalit kiinteistön sähköistykset ja heikkovirtaan ATK- ja antennisuunnittelu. Suunnittelussa suunnitellaan keskuksien tarvittava kapasiteetti, pääsulakkeiden koko ja kiinteistön syöttökaapelin koko. Keskussuunnittelu tulee keskustoimittajalta. Keskustoimittajalle toimitetaan tarvittavat tasopiirustukset ja dokumentit suunnittelua varten.

## 2 KARHU GROUP OY

Karhu Group Oy on Porissa vuonna 2009 perustettu yksityisyritys, jonka toimitusjohtajan toimii Jani Häkkinen. Yritys alkoi yhden henkilön firmana ja on siitä kasvanut vuosi vuodelta. Toimitilat sijaitsevat Porin Tiiliruukissa. Nykyään se työllistää n. 90 henkilöä. Yritys luottaa kotimaiseen ammattitaitoon ja tästä johtuen rekrytoi pelkästään kotimaista työvoimaa. Karhu Group on vuosien varrella laajentunut merkittävästi ja saanut luotettavia ja merkittäviä yhteistyökumppaneita. Tästä johtuen työmaita ei ole pelkästään Porin alueella vaan myös ympäri Suomea ja ulkomailla (Karhu Group www-sivut 2022).

Karhu Group on projektitalo, jossa on sekä sähköosasto ja mekaniikkaosasto. Mekaniikkaosaston palveluihin kuuluu asennukset, suunnittelu sekä valvonta ja käyttöönotto. Sähköosaston palveluihin kuuluu laaja-alaisesti rakennussähköistys, prosessisähköistys, automaatio, instrumentointi, suunnittelu sekä valvonta ja käyttöönotto. Karhu Group panostaa erityisesti työn laatuun. Työntekijöinä toimii vain sähköalan ja metallialan ammattilaisia. Liikevaihto on vuosi vuodelta nousussa, vuonna 2021 se oli 7,9 miljoona euroa (Karhu Group www-sivut 2022).

### 3 TEORIA

Avainkäsitteenä suunnittelussa on kustannustehokkuus, käytännöllisyys ja monikäyttöisyys. Vuokratyöön tulevassa kiinteistössä toteutuksen helppous ja komponenttien hyvä sijoittelu ja määrittely ovat avainasemassa. Keskussuunnittelussa on myös oltava tarkkana, koska ne ovat kriittisiä kiinteistön toiminnan kannalta niin kuin kaapelimitoituksetkin.

Suunnittelutyö aloitetaan mitoittamalla liittymiskaapeli ja pääsulakkeet. Ennen näiden mitoituksia lasketaan kiinteistön tehontarve. Tehontarve koostuu tässä kiinteistössä seuraavista osista:

- $P_{VAL}$  = Valaistus ( $W/m^2$ )
- $P_{KK}$  = Kojekuorma
- $P_{LÄM}$  = Lämmitys
- $P_{LVV}$  = Lämminvesivaraaja
- $P_{IV}$  = IV-kone

Sen jälkeen, kun keskussuunnittelu on aloitettu, aloitetaan samalla suunnittelemaan sähköjen sijoittelua kiinteistöön. Kiinteistöön tulee kaksi erillistä keskusta, pääkeskus ja kiinteistökeskus.

Valmiin suunnitelman tarvittavat dokumentit:

- Keskuskaavio PK
- Keskuskaavio KK

#### 3.1 Rakennussähkö

Suunnittelussa on varmistettava, että

- ihmisten, kotieläinten ja omaisuuden suojaus toteutuu
- sähköasennus toimii kuten sen kuuluu tarkoitetussa käytössä.

Suunnittelun perustaksi on standardissa lueteltu tiedot kohdassa SFS 6000-1 kohdissa, 132.2-132.5 ja vaatimukset kohdissa 132.6-132.12. Suunnitteluun liittyvät lähtökohdat

ja vaatimukset on myös hyvä tarkistaa D1-2017 käsikirjasta. Suunnitteluun suunnattu materiaali alkaa sivulta 34.

Suunnittelua aloitettaessa on hyvä lukea standardista 6000-4-41 kohta 411 suojausmenetelmä - syötön automaattinen poiskytkentä. Tässä kohdassa käydään läpi tärkeimmät asiat aiheesta. Keskuksien suunnittelua tehdessä vikasuojaus on tärkeässä osassa ja siitä johtuen kannattaa virkistää muistia ja lukea kyseinen kohta. Vikasuojaukseen perehdytään tarkemmin vielä kohdassa 6000-5-53 – Erottaminen, kytkentä ja ohjaus. Tässä osassa käydään läpi vaatimukset suojalaitteille.

Asennuksissa käytettävien kaapelien pitää täyttää standardien vaatimukset. Johtojärjestelmän ja johtimien vaatimukset on listattu standardissa SFS 6000-1:2017. Kaapeleita valittaessa ja mitoittaessa tulee ottaa huomioon myös ulkoiset olosuhteet. Johtojärjestelmien valinta ja asennus ulkoisten olosuhteiden mukaan löytyy SFS 6000-5-52:2017. Johtimien poikkipinta-ala tulee olla virta-arvoiltaan asennuksiin riittävä ja johdinvärit kuuluvat olla SFS 6000-5-51:2017 mukaiset. Kaapelointi voidaan suorittaa monella eri tavalla, pinta-asennuksena suoraan seinälle, johtokanavaan, hyllylle, putkeen tai uppoasennuksena seinän sisälle. (D1-2017, 208-223.)

Suihku- ja WC-tiloihin sovellettavat vaatimukset löytyvät standardista kohdasta 6000-7-701 – Kylpy- ja suihkutilat. Standardin osiossa on voimassa kohdat 1-6, mutta siinä annetaan erityisvaatimuksia perustuen kohtiin 1-6. Kylpy- ja suihkutiloihin liittyvää materiaalia löytyy myös D1-2017 käsikirjasta. Sieltä löytyy aluejakoihin ja IP-luokkien vaatimuksiin selkeät ohjeet. (D1-2017, 368-270.)

Valmiin suunnitelman tarvittavat dokumentit:

- Sähköpiirustus
- Johdotuspiirustus



### 3.2 Heikkovirta

Antennijärjestelmää suunniteltaessa voidaan käyttää Sant Ry:n pientalon antenniopasta. Kiinteistöön ei tule merkittävien laajuista antennijärjestelmää, joten voidaan soveltaa kyseistä opasta. Antennijärjestelmän suunnittelu ja toteutus alkaa sivulta 11. Oppaassa käydään kattavasti läpi antennin tyyppin ja sen paikan valinta sekä antennin suuntakuvio ja tarvitaanko antennivahvistinta. (Sant www-sivut 2020.)

Tietoliikennejärjestelmän suunnittelussa voidaan käyttää Seskon Yleiskaapelointijärjestelmät-opasta. Oppaasta löytyy tarvittavat perusasiat ja standardit yleiskaapeloinnista. Opas on suunnattu asuinkiinteistöihin, toimitiloihin ja datakeskuksiin, joten opas sopii mainiosti suunnittelun tueksi. (Sesko www-sivut 2020.)

Valmiin suunnitelman tarvittavat dokumentit:

- Heikkovirtapistepiirustus

### 3.3 Turvallisuus

Sähkölaitteisiin- ja laitteistoihin sovelletaan sähköturvallisuuslakia, jonka on määrä pitää laitteet turvallisena. Sähkölaitteistojen pitää olla turvallinen käyttää, siten ettei siitä aiheudu vaaraa tai haittaa käyttäjälle eikä ympärillä oleville. Sähkölaitteissa, jotka saatetaan markkinoille, on oltava vaatimuksien mukaisia ja CE-merkittyjä. (Finlex 1135/2016.)

### 3.4 Laskelmat

Kaikki laskelmat suoritetaan standardia SFS6000/2017 ja D1-2017 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista, apua käyttäen. Standardista löytyy mitoituksiin tarvittavat kaavat ja taulukot, joiden perusteella laskut suoritetaan. Tärkeää laskuissa on huomioida kaikki mahdollinen, jotta korjauskertoimet laskuihin ovat oikeat. Korjauskertoimet ovat laskuissa tärkeitä, jotta laskennan lopputuloksena on oikean kokoiset sulakkeet ja kaapelikoot.

### 3.4.1 Pääsulakkeiden mitoitus

Pääsulakkeiden mitoitus alkaa sillä, että lasketaan kiinteistön tehontarve. Kiinteistön tehontarve koostuu laitteistoista, joita kiinteistöön on tulossa ja siihen lisäksi varaukset huomioon ottaen. Kun tehontarve on tiedossa, voidaan laskea kiinteistön kuormitusvirta. Kuormitusvirta lasketaan käyttäen kolmivaihetehon laskukaavaa:

Kaava 1. kolmivaihetehon laskukaava.

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

Kaavan sisältö:

P= teho

U= pääjännite

I= vaihevirta

$\cos \varphi$ = tehokerroin

Kaavaa muokkaamalla saadaan kuormitusvirran laskemiseen kaavaksi:

Kaava 2. Kuormitusvirran kaava

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

Laskusta saadulla tuloksella valitaan sulakekoko liitteen 52Y taulukosta Y52.1 (Taulukko 1). Taulukosta saadaan selville gG tyyppisen sulakkeen nimellisvirta ja johtimen kuormitettavuuden minimiarvo. Tämän jälkeen voidaan siirtyä syöttökaapelin mitoitukseen.

Taulukko 1. Taulukko Y.52.1 Johtimien kuormitettavuuden minimiarvot erilaisilla sulakkeen nimellisvirroilla. (SFS 6000-5-52:2017)

<b>gG tyyppisen sulakkeen nimellisvirta A</b>	<b>Johtimen kuormitettavuuden minimiarvo A</b>
6	8
10	13,5
16	18
20	22
25	28
32	35
35	39
40	44
50	55
63	70
80	88
100	110
125	138
160	177
200	221
250	276
315	348
400	441
500	552
630	695
800	883

### 3.4.2 Liittymiskaapeli

Syöttökaapelin mitoitus alkaa SFS 6000-5-52 taulukosta 52A. Taulukossa A.52.3 on kaapelien asennusmenetelmät. Taulukosta löytyy asennustavasta kuva ja kuvaus, jonka perusteella valitaan millaisesta asennustavasta on kyse. Tämän jälkeen viimeisessä sarakkeessa on referenssiasennustapa, jota käytetään kuormitettavuuden määrittämisessä. Kun asennustapa on selvitetty ja määritelty siirrytään standardissa liitteeseen 52B. Liite 52B sisältää tietoa ja tarvittavat taulukot kaapelin kuormitettavuudesta. Liitteestä haetaan kaapelista ja asennustavasta riippuen tarvittavat korjauskertoimet. Korjauskertoimet, joita tarvitaan syöttökaapelin mitoituksessa ovat lämpötilakerroin ja ympäröivän maan lämpöresistiivisyysarvosta johtuva kerroin. Mikäli kaapeli läpäisee lämpöeristeen, on myös sille haettava oma korjauskerroin taulukosta 52.X (Taulukko 2). (SFS 6000-5-52:2017.)

Taulukko 2. Taulukko 52.X korjauskertoimet lämpöeristeen läpäiseville kaapeleille ja asennusputkissa oleville johtimille. (SFS 6000-5-52:2017)

Lämpöeristeen paksuus mm	korjauskerroin
50	0,89
100	0,81
200	0,68
400	0,55
500	0,50

Kaapelin mitoituksen jälkeen tehdään automaattisen poiskytkennän toimivuuden toteaminen laskennallisesti. Laskentaan vaadittavat taulukot, laskentakaavat ja esimerkit löytyvät D1-2017 käsikirjasta. (D1-2017, 93-104)

Kaava 3. Impedanssin laskentakaava (D1-2017, 101)

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

Kaava 4. Yksivaiheinen oikosulkuvirta (D1-2017, 95)

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

## 4 TOTEUTUS

### 4.1 Pääsulakkeet ja liittymiskaapeli

Laskelmat suoritetaan käyttämällä tietoja ja materiaalia, jotka käytiin läpi teoriaosuudessa.

Suunnitelman toteutus aloitettiin mitoittamalla kiinteistön tehontarve:

$$P = P_{VAL} \text{ W/m}^2 + P_{KK} + P_{LÄM} + P_{LVV} + P_{IV}$$

$$P = 10 \text{ W} \cdot 1254 \text{ m}^2 + 60 \text{ kW} + 65 \text{ kW} + 7,5 \text{ kW} + 12 \text{ kW}$$

$$P = 156,95 \text{ kW}$$

LVI-suunnittelusta saatiin huipputehot laitteille. Lämmitykseen liittyvien maalämpö-laitteiden teho on 65kW, lämminvesivaraajien teho on 7,5kW ja IV-koneen teho 12kW. Kiinteistö kokonaispinta-ala on 1245m<sup>2</sup>, josta johtuen huipputehot eroavat merkittävästi esim. omakotitalon tehoista. Valaistuksen teho on 10W/m<sup>2</sup>. Kojekuorman teho on 60kW.

Kuormitusvirta saadaan laskettua kaavan 1 perusteella:

$$I = P / \sqrt{3} * U * \cos \varphi \text{ (kaava 1)}$$

$$I = 156,95 / \sqrt{3} * 400V * 0,95$$

$$I = 238,46A$$

Kiinteistön kuormitusvirta on 238,46A, joten valitaan pääsulakkeiden koko taulukosta Y52.1. (Taulukko 1) Pääsulakkeiden koko on 250A gG. Johtimen kuormitettavuudeksi tulee minimiarvoksi 276A.

Pääsulakkeiden valinnan jälkeen voidaan laskea syöttökaapelin koko. Pori Energian taulukon (Taulukko 3) mukaan liittymisjohtoksi tulisi 3x250A sulakkeilla AXMK 4X240 S. (Pori Energia www-sivut 2020.)

Taulukko 3. Liittymisjohtot sulakkeittain (Pori Energia sähköliittymät – tekniset ohjeet 12-2020).

Pääsulake (A)	Liittymisjohto
3x25A - 3x35A	AXMK 4x25 S
3x63A	AXMK 4x35 S
3x100 - 160A	AXMK 4x95 S
3x200A	AXMK 4x185 S
3x250A	AXMK 4x240 S
2x3x160A	2xAXMK 4x185 S
2x3x200A	2xAXMK 4x240 S
3x3x200A	3xAXMK 4x300 S
4x3x200A	4xAXMK 4x300 S
5x3x200A	5xAXMK 4x300 S

Varmistetaan tämä vielä laskemalla kaapelin koko. Kaapeli on kaivettu suoraan maahan. Käytetään standardin arvoa ympäröivän maan lämpöresistiivisyydestä, joka on 2,5Km/W ja maan lämpötila 20 °C. Referenssiasennustapa D2, vaipalliset yksijohdin ja monijohdinkaapelit suoraan maassa. Taulukosta B.52.15 saadaan lämpötilan








korjauskertoimeksi 1. Taulukosta B.52.16 haetaan korjauskerroin ympäröivän maan lämpötilalle. Korjauskertoimeksi saadaan 1.

Kaava 5. Kaapelin todellinen kuormitettavuus (SFS 6000-5-52:2017, Liite 52Y)

$$276A / (1 * 1) = 276A$$

Ensin valitaan referenssiasennustavan D2 mukainen kaapeli taulukosta (taulukko 4). Tulokseksi saadun 276A mukaan valitaan 240mm<sup>2</sup> alumiinikaapeli. Käytetään siis Pori Energian taulukon mukaisesta kaapelista AXMK 4x240mm<sup>2</sup> S (Taulukko 3). Valitaan Soneparin valikoimasta Nexans alumiini voimakaapeli AXMK-PE 4x240mm<sup>2</sup> S kaapeli, joka on halogeeniton ja PEX eristeinen. (Sonepar www-sivut 2022)

Taulukko 4. Taulukko 52.5 Kuormitettavuus ampeereina taulukon B52.1 mukaisilla asennustavoilla- PEX- tai EPR-eristeiset kupari- tai alumiinijohtimet/ kolme kuormitettua johdinta. (SFS 6000-5-52:2017)

Johtimien nimellis- poikkipinta mm <sup>2</sup>	Taulukon B.52.1 mukaiset asennustavat						
	A1	A2	B1	B2	C	D1	D2
							
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Kupari</b>							
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
<b>Alumiini</b>							
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

Kiinteistö kuuluu Pori Energian hinnaston mukaan vyöhykkeeseen 1. Vyöhykehinnaston mukaan liittymän hinta on 70 €/A. Eli laskettaessa liittymän hinnaston mukaan hinnaksi tulee  $70 \text{ €} * 250 = 17\,500 \text{ €}$ . (Pori Energia www-sivut 2020.)

Kaapeli tulee asentaa kaivettuun kaapeliojaan. Kaapeli tulee asentaa 0,7 metrin syvyyteen, jonka jälkeen peitetään n. 0,2 metriä hienolla maa-aineksella ja asennetaan varoituss nauha. Varoituss nauhan jälkeen täytetään oja normaalilla kaivuumaalla. (SFS 6000-814:2017)

Pori Energian taulukon mukaan laskennallinen oikosulkuvirta on 1650A. Asennukseen tehdään käyttöönottomittaus ja täytetään pöytäkirjat, kun asennus on valmis. (Pori Energia www-sivut 2020.)

Lasketaan pääkeskuksen ja liittymiskaapelin impedanssit.

Pääkeskuksen impedanssi (Kaava 2):

$$Z_{PK} = (c * U) / (\sqrt{3} * I_k)$$

$$Z_{PK} = (0,95 * 400V) / (\sqrt{3} * 1650)$$

$$Z_{PK} = 0,133\Omega$$

Kaapelin impedanssi lasketaan D1-2017 käsikirjasta löytyvien impedanssiarvojen perusteella. (Taulukko 5)

Kaava 6. kaapelin impedanssi (D1-2017 s.101)

$$Z_l = 2 * z * l$$

- $z$  = kaapelin impedanssi ( $\Omega/\text{km}$ )
- $l$  = kaapelin kokonaispituus (km)

$$Z_l = 2 * 0,180 * 0,1$$

$$Z_l = 0,036 \Omega$$

Taulukko 5. Kaapeleiden likimääräisiä impedansseja (D1-2017 käsikirja taulukko 41.6, 96)

Johtimien poikki-pinta mm <sup>2</sup>	Kupari			Alumiini		
	Resistanssi r	Reaktanssi x	Impedanssi z	Resistanssi r	Reaktanssi x	Impedanssi z
4 x 1,5	14,620	0,115	14,620			
4 x 2,5	8,770	0,110	8,770			
4 x 4	5,480	0,107	5,480			
4 x 6	3,660	0,100	3,660			
4 x 10	2,244	0,094	2,246			
4 x 16	1,415	0,090	1,418	2,324	0,090	2,326
4 x 25	0,898	0,086	0,902	1,489	0,086	1,492
4 x 35	0,652	0,083	0,657	1,086	0,083	1,089
4 x 50	0,482	0,083	0,489	0,796	0,083	0,800
4 x 70	0,336	0,082	0,346	0,551	0,082	0,557
4 x 95	0,244	0,082	0,257	0,398	0,082	0,406
4 x 120	0,195	0,080	0,211	0,316	0,080	0,326
4 x 150	0,155	0,080	0,174	0,258	0,080	0,270
4 x 185	0,125	0,080	0,148	0,207	0,080	0,222
4 x 240	0,095	0,079	0,124	0,162	0,079	0,180
4 x 300	0,078	0,079	0,111	0,133	0,079	0,155

Keskuksella vaikuttava impedanssi  $Z_v$  (Kaava 2)

$$Z_v = Z_{PK} + Z_l$$

$$Z_v = 0,133 \Omega + 0,036 \Omega$$

$$Z_v = 0,169 \Omega$$

Kokonaisimpedanssin avulla voidaan määrittellä

Johdon maksimipituus l

Kaava 7. Sallittu johtopituus (D1-2017, 96)

$$l = ((c * U) / (\sqrt{3} * I_k) - Z_v) / (2 * z)$$

- c = kerroin 0,95
- U = pääjännite
- $I_k$  = oikosulkuvirta
- $Z_v$  = impedanssi ennen suojalaitetta
- Z = suojattavan johtimen impedanssi ( $\Omega/\text{km}$ )



Taulukko 6. Automaattisen poiskytkennän takia vaadittavat oikosulkuvirrat eri suoja-laitteilla. (D1-2017 käsikirja taulukko 41.4a, 93). Pienimmät toimintavirrat johdon-suojakatkaisijoille ja vaaditut arvot

Nimellisvirta	B-tyyppi 0,4s ja 5,0s	Vaadittu mitattu arvo	C-tyyppi 0,4s ja 5,0s	Vaadittu mitattu arvo
A	A	A	A	A
6	30	37,5	60	75
10	50	62,5	100	125
13	65	81,3	130	162,5
16	80	100	160	200
20	100	125	200	250
25	125	156,3	250	312,5
32	160	200	320	400
50	250	312,5	500	625
63	315	393,8	630	787,5
80	400	500	800	1000
125	625	718,3	1250	1562,5

Taulukkoa (Taulukko 6) hyödyksi käyttäen voidaan mitoittaa johdonsuojakatkaisijoille käytettävien kaapeleiden maksimi pituudet (Kaava 5).

Esim.

$$B16 \text{ A } 2,5\text{mm}^2 \text{ kaapelilla } l = ((0,95 * 400) / (\sqrt{3} * 80) - 0,169) / (2 * 8,77)$$

$$l = 0,146 = 146\text{m}$$

$$C25 \text{ A } 6\text{mm}^2 \text{ kaapelilla } l = ((0,95 * 400) / (\sqrt{3} * 250) - 0,169) / (2 * 3,66)$$

$$l = 0,096 = 96\text{m}$$

Taulukko 7. Kaapelien maksimipituus johdonsuojakatkaisijoille.

Johdonsuojakatkaisija	Poikkipinta mm <sup>2</sup>	Max. pituus m
A		
B10	1,5	144
C10	1,5	69
B16	2,5	146
C16	2,5	68
B20	4	184
C20	4	84
B25	6	216
C25	6	96
B32	10	267
C32	10	115

## 4.2 Rakennussähkö

### 4.2.1 Kaapelireitit

Suunnittelu aloitettiin kaapelireiteistä. Toimitiloihin kaapelireitti tuli ns. parvea pitkin. Parvella sijaitsee myös IV-kone, mikä on helppo johdottaa em. reittiä. Kaikki toimitilojen kaapelointi viedään ylös parvelle ja siellä kaapelihyllyä pitkin. Varaston puolella kierretään koko tila kaapelihyllyllä seiniä pitkin. Kaapelihylly asennetaan 3,8 metrin korkeuteen, koska kattorakenteiden teräsristikot ovat 4 metrissä niin hyllyltä on helppo tehdä reitit hallin keskiosaan. Joihinkin palkkeihin tulee pystyhyllyt pistorasiakeskusten takia. Toimistot ja neuvotteluhuone kierretään pinta-asennettavan johtokanavan kanssa.

### 4.2.2 Kaapelointi

Kaapelointi tehdään kaikki parven kautta varaston puolelle sekä toimitiloihin. Kaapeloinnissa tulee kiinnittää huomiota kaapeleiden maksimipituuksiin (Taulukko 7.). Toimitilojen kaapelointi tiputetaan hyllyiltä seinien ja johtokanavan sisään. Toimitiloissa kaikki kaapelit viedään seinien sisällä putkessa ja laitteet tulevat uppoasennuksella. Toimistot ja neuvotteluhuone kierretään pinta-asennettavan johtokanavan kanssa, johon kalusteet asennetaan. Johtokanava mahdollistaa kalusteiden paikanvaihdon ja lisäykset helposti ja nopeasti jos huoneessa järjestys muuttuu.

### 4.2.3 Pistorasiat

Pistorasioita suunnitellessa pitää miettiä käytännöllisyyttä ja sitä, että pistorasioita on riittävästi. Toimistoissa pistorasiat asennetaan johtokanavaan. Jokaisen työpöydän läheisyyteen asennetaan kaksi kappaletta kaksiosaista pistorasiaa. Vessoihin ja siivouskomeroon asennetaan yksi kappale kaksiosaista pistorasiaa ja keittiöön siellä tarvittavat pistorasiat (mikro, astianpesukone, jääkaappi, työtaso). Pukuhuoneisiin suunnitellaan myös varmuudeksi neljä kappaletta kaksiosaista pistorasiaa.

#### 4.2.4 Valaistus

Toimisto ja neuvotteluhuoneen valaistus tulee katkaisijoiden taakse, jotta valot saa päälle ja pois silloin kun haluaa. Vessoihin, suihkuun, keittiöön ja siivouskomeroon tulee valaisimet, joissa on liiketunnistin. Liiketunnistinvalaisimen asennus mahdollistaa sen, etteivät valot ole turhaan päällä, mikäli tilaa ei käytetä. Varaston puolelle tulee pitkittäissuunnassa valaisinripustuskiskot, joihin tulee koko matkalle valaisimet. Ripustuskiskot tulevat neljään riviin ja kiinnitetään teräsristikoihin. Valaisinripustuskiskoihin asennetaan 11 valaisinta jokaiseen kiskoon. IP-luokituksista löytyy omat taulukot, joista selviää numeroiden ja kirjaimien tarkoitus (Taulukko 8, 9, 10, 11). Toimitiloihin sekä varastoon sopii normaalit IP21 luokan kalusteet. Suihkun, vessojen ja keittiön kanssa pitää olla tarkkana varoetäisyyksistä ja IP-luokista.

Taulukko 8. IP-luokituksen 1.numeron selitys (D1-2017, 175)

1. numero	Suojaustason kuvaus
0	Suojaamaton
1	Esineen halkaisija yli 50mm
2	Esineen halkaisija yli 12,5mm
3	Esineen halkaisija yli 2,5mm
4	Esineen halkaisija yli 1,0mm
5	Pölysuojattu
6	Pölytiivis

Taulukko 9. IP-luokituksen 2.numeron selitys (D1-2017, 175)

2. numero	Suojaustason kuvaus
0	Suojaamaton
1	Pystysuoralta tippuvalta vedeltä
2	Tippuvalta vedeltä
3	Satavalta vedeltä
4	Roiskuvalta vedeltä
5	Vesisuihkulta (joka suunnasta)
6	Voimakkaalta vesisuihkulta
7	Lyhytaikaisesti upotettuna
8	Jatkuvasti upotettuna
9	Korkeapaineiselta ja kuumalta vesisuihkulta

Taulukko 10. IP-luokituksen vapaaehtoinen lisäkirjain (D1-2017, 175)

Kirjain	Suojaustason kuvaus
A	Suojattu nyrkiltä
B	Suojattu sormelta
C	Suojattu työkalulta
D	Suojattu langalta

Taulukko 11. IP-luokituksen vapaaehtoinen täydentävä kirjain (D1-2017, 175)

Kirjain	Suojaustason kuvaus
H	Suurjännitelaite
M	Vesisuojaus koestettu laitteen ollessa käynnissä
S	Vesisuojaus koestettu laitteen ollessa pysähdyksissä
W	Laite koestettu erityisiin sääolosuhteisiin

### 4.3 Heikkovirta

Heikkovirtapuolessa käytetään paikallista toimijaa, joka tulee asentamaan kiinteistöön ATK-kaapin, hälytysjärjestelmä, kamerat ja tarvittavat vahvistimet laitteistoille. Ainoastaan ATK-rasioiden ja antennirasioiden johtoreitit ja sijoitukset jäävät suunniteltavaksi. Johtoreitti kulkee myös keskuksesta parvelle ja parvea pitkin hyllyn toista reunaan. ATK-rasiat tulevat jokaiseen toimistoon pöytien viereen ja neuvotteluhuoneeseen. Neuvotteluhuoneeseen ja yksittäiseen toimistoon tulee lisäksi antennipisteet mahdollisia televisioita varten.

## 5 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä tilaajalle sähkösuunnitelma vuokratyökaluun tulevaan hallikiinteistöön. Suunnitelma toteutettiin SFS 6000 standardisarjaa noudattaen. Opinnäytetyöhön ei kuulunut kaikki kiinteistöön tulevat järjestelmät, koska ne tulivat ulkopuolisilta toimijoilta. Suunnittelua raportoidessa keskityttiin johdonmukaiseen tekstiin, joka kertoisi mahdollisimman ymmärrettävästi kiinteistön sähkösuunnittelusta. Kiinteistön suuruudesta johtuen pääsulakkeiden ja liittymiskaapelin koko on huomattavasti normaalia asuinkiinteistöä suurempi. Mitoitukset ja laskelmat ovat merkittävässä osassa sähkösuunnittelua.

Opinnäytetyö toteutettiin pitkälti tilaajan toiveita vaalien, mutta sekaan mahtui myös itse suunnittelijan näkemyksiä ja toteutuksia. Suunnitelmaa voi käyttää soveltaen kaikkiin hallikiinteistöihin. Opinnäytetyötä tehdessä tuli monia hyviä muistutuksia standardeista ja määräyksistä. Suunnittelussa huomioon otettavia asioita oli paljon ja tarvitsee olla tarkkana, jotta muistaa ottaa kaiken huomioon. Tämän opinnäytetyön tekeminen oli opettavainen ja mielenkiintoinen projekti, josta sai näkemystä insinöörin työelämästä.

## LÄHTEET

D1-2017 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista 2017. Sähköinfo Oy.

Karhu Group www-sivut. Viitattu 4.5.2022. <https://karhugroup.fi/>

Pori Energia www-sivut. Viitattu 12.5.2022. <https://www.porienergia.fi/>

Sant www-sivut 2020. Viitattu: 13.5.2022. <https://www.sant.fi/>

SFS-käsikirja 600-1-1. Pienjännitesähköasennukset. Osa 1-1: Yleisvaatimukset. 2017. Suomen standardisoimisliitto SFS ry. Helsinki: SFS.

SFS-käsikirja 600-1-2. Pienjännitesähköasennukset. Osa 1-2: Erikoistulojen ja täydentävät vaatimukset. 2017. Suomen standardisoimisliitto SFS ry. Helsinki: SFS.

Sesko www-sivut 2020. Viitattu 13.5.2022. <https://sesko.fi/>

Sonepar www-sivut. Viitattu 12.5.2022 <https://verkkokauppa.sonepar.fi/fi/>

Sormunen T. 2021, Rakennuslehti 6.10.2021. Viitattu: 2.5.2022

<https://www.rakennuslehti.fi/>

Sähköturvallisuuslaki 1135/2016. Viitattu: 6.5.2022.

## LIITTEET

Liite 1. Pohjakuva

Liite 2. Sähköpistepiirustus

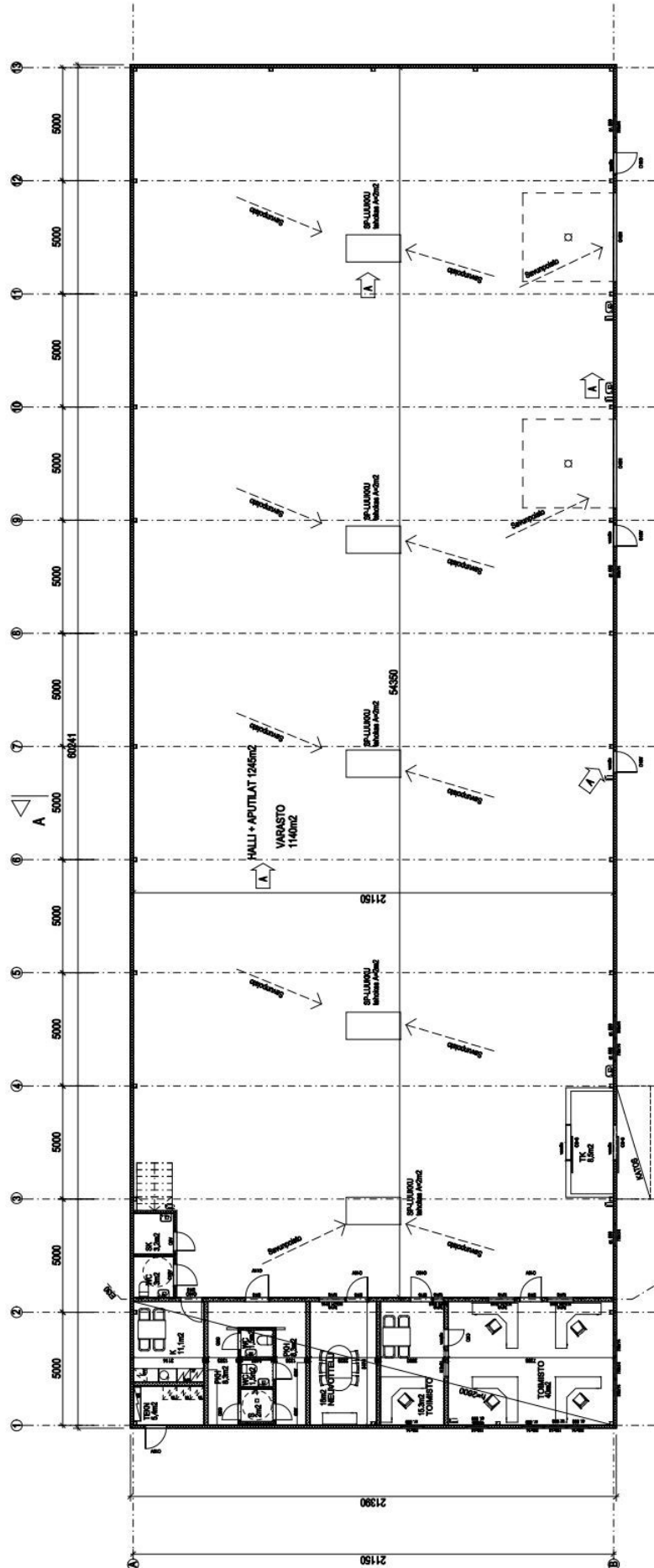
Liite 3. Heikkovirtapistepiirustus

Liite 4. Sähköpiirustus

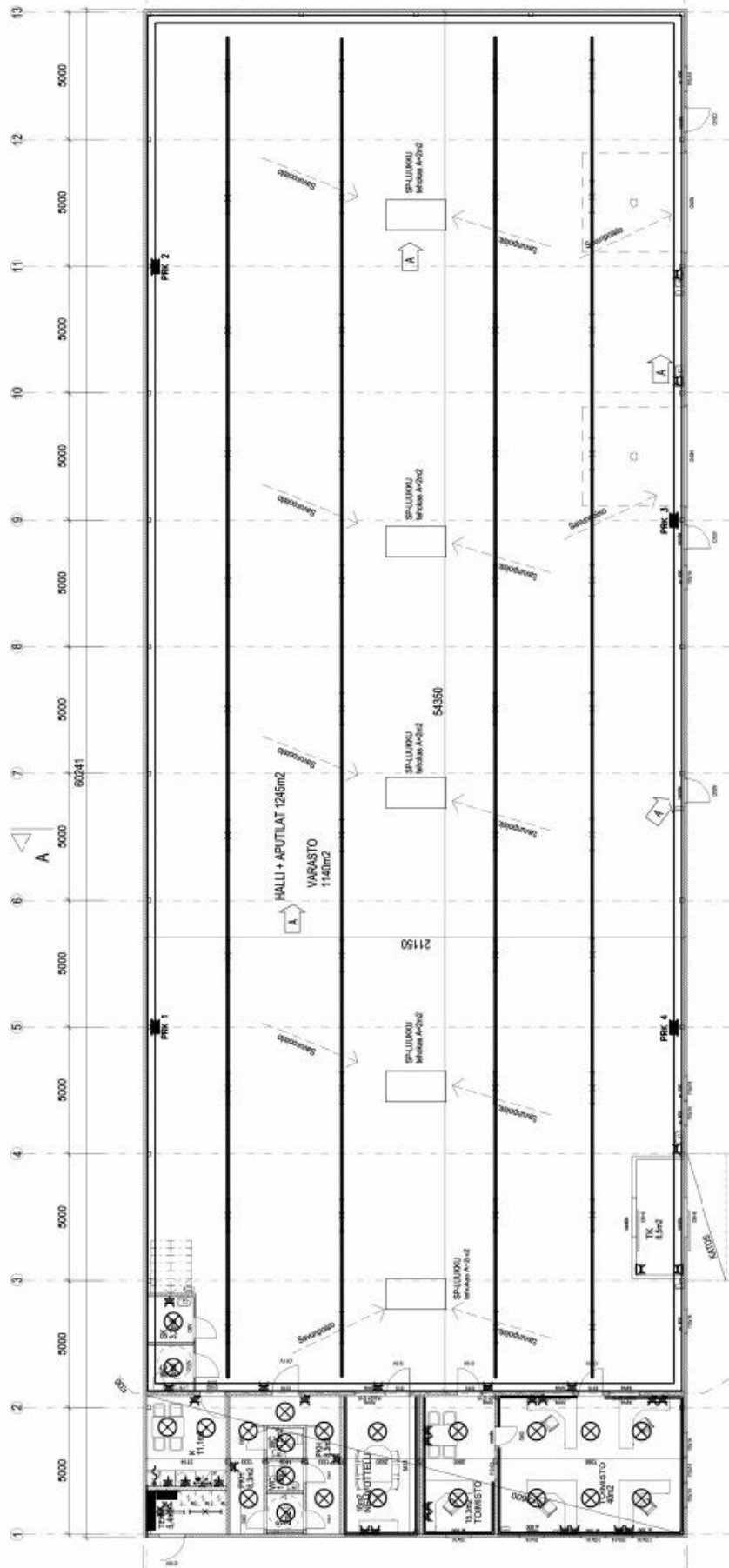
Liite 5. Sähköpistepiirustus (parvi)

Liite 6. Sähköpiirustus (parvi)

POHJAPIIRUSTUS  
(1:100)



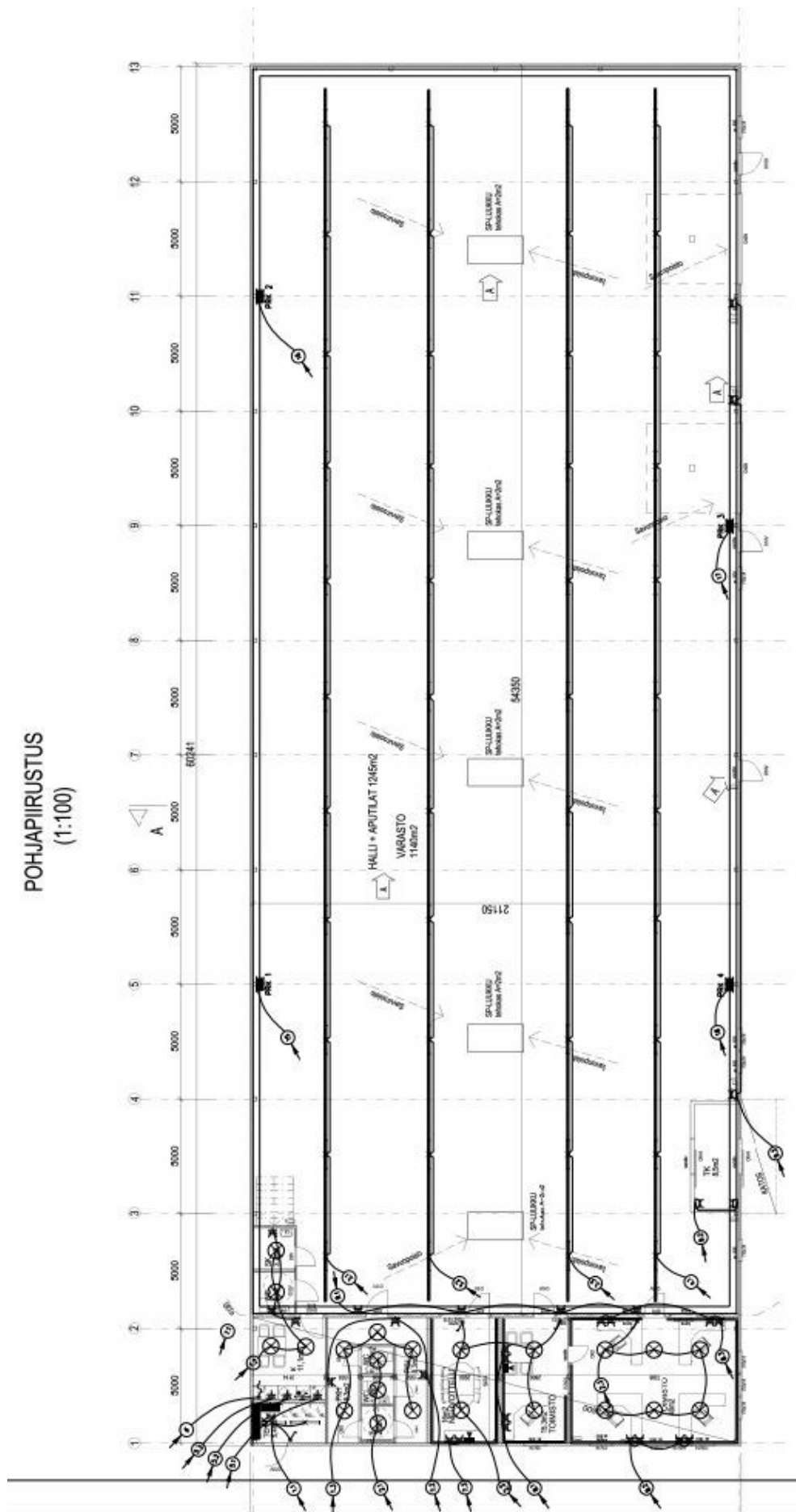
POHJAPIIRUSTUS  
(1:100)



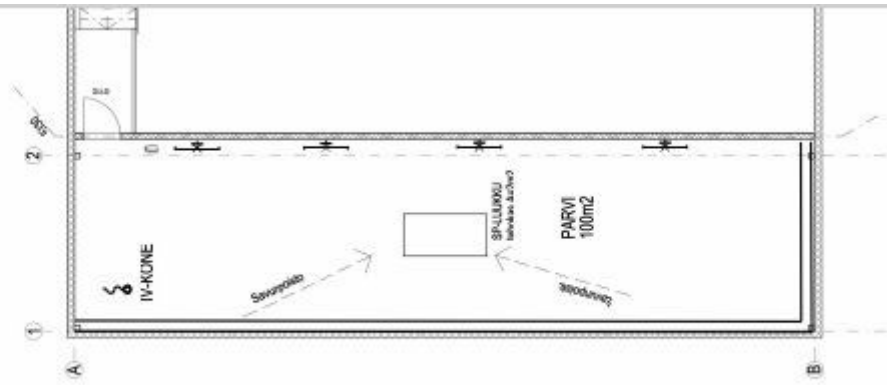




POHJAPIIRUSTUS  
(1:100)



POHJAPIIRUSTUS PARVI  
(1:100)



POHJAPIIRUSTUS PARVI  
(1:100)

