# SEMENTTIVALIMON SÄH-KÖSANEERAUS

Olli Hoikkala

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2014
Sähkötekniikka
Sähkövoimatekniikka

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

**TIIVISTELMÄ**

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikka
Sähkövoimatekniikka

HOIKKALA, OLLI:
Sementtivalimon sähkösaneeraus

Opinnäytetyö 44 sivua, liitteitä 6 sivua
Huhtikuu 2014

---

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda sähkösuunnitelma Jämijärven sementtivalimo Oy:n saneerausta varten. Sementtivalimon sähkölaitteet olivat vanhentuneet eivätkä laitteet täyttäneet nykytarpeita. Sementtivalimo rakennettiin vuosina 1969–1970, ja suurimmaksi osaksi sähköistyskin on tältä ajalta. Tarkoituksena oli luoda sähkösuunnitelma ja suuntaa antava hinta-arvio tulevaisuudessa mahdollisesti suoritettavaan laitteiston saneeraamiseen.

Sementtivalimon betonimassaa sekoittava moottori ei kykene tuottamaan tarpeeksi vääntömomenttia, jotta se käynnistyisi täydellä kuormalla. Betonimassaa sekoitettaessa on tarpeellista, että moottorin pyörimisnopeutta voitaisiin säätää. Nykyisellä asennuksella ei pyörimisnopeutta voida säätää. Myös tärypöytien moottorit tarvitsivat pyörimisnopeuden säätömahdollisuuden. Hallin valaistus on riittämätön, joten se suunnitellaan nykyisten standardien mukaiseksi. Halliin tulisi työpisteitä, joiden ansiosta työmukavuus parantuisi.

Opinnäytetyössä päädyttiin käyttämään nykyisiä moottoreita ja lisäämään näille taajuusmuuttajat. Taajuusmuuttajien avulla saadaan säädettyä moottorien pyörimisnopeuksia sekä hyödynnettyä moottorin nimellinen vääntömomentti sen koko kierrosalueella. Lisäksi opinnäytetyössä tultiin siihen lopputulokseen, että valaistus uusitaan sekä pistorasiakeskuksia lisätään hallin eri pisteisiin. Muutosten tuloksena pitäisi pääliittymän kokoa suurentaa. Saneerauksen kustannuslaskelma on vain arvio, koska työntilaaja päättää saneerauksen kohteet.

---

Asiasanat: sementtivalimo, sähkösaneeraus, sähkösuunnitelma

**ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree programme in Electrical engineering
Option of Electrical power engineering

HOIKKALA, OLLI:
Electrical Renovation of a Cement Works

Bachelor's thesis 44 pages, appendices 6 pages
April 2014

---

The purpose of this thesis was to create a preliminary plan for the electrical renovation of a cement works, Jämijärven Sementtivalimo Ltd. The electrical equipment is from the late 1960's to early 1970's and they do not meet the present needs. The cement works was built between 1969 and 1970. The aim was to make a new electrical plan and price calculation for the changes which would be done if the cement work is going to be renewed.

Cement works motor that mixes concrete mass, will not create sufficient torque to start at full load. There is not speed-adjustment for the motor. It is also necessary to get a fully speed-adjustable system for this motor. The vibrating tables need also speed-adjusting. The Lightning is insufficient. The lighting will be designed to meet current standards. Cement work will be added to working stations to make working more convenient.

The current motors were used in this thesis. All motors should be added with an AC drive which allows the user to adjust the running speed of the motor. The AC drive also helps to gain the nominal torque of motors at any running speed. The lightning of the main cement works should be renewed. The main fuses have to be replaced, due to the bigger power need that new electrical equipment consumes. The estimate of the renovation is only preliminary, because final equipment changes are made by the client.

---

Key words: cement works, electrical renovation, electrical plan

**SISÄLLYS**

1 LYHENTEET JA TERMIT ..... 5
2 JOHDANTO ..... 6
3 LÄHTÖKOHDAT ..... 7
3.1 Jämijärven Sementtivalimo Oy ..... 7
3.2 Parannusta vaativat toimenpiteet ..... 8
4 LAITTEISTON VALINTA ..... 10
4.1 Moottorit ..... 10
4.1.1 Betonimassansekoittaja ..... 10
4.1.2 Tärypöytien moottorit ..... 15
4.2 Taajuusmuuttajat ..... 17
4.2.1 Betonimassasekoittajan taajuusmuuttaja ..... 19
4.2.2 Tärypöytien moottoreiden taajuusmuuttajat ..... 21
4.3 Moottorien ja taajuusmuuttajien kaapelointi sekä suojaus ..... 22
4.3.1 Kaapelointi ..... 22
4.3.2 Suojaus ..... 24
5 MUU SÄHKÖINEN SUUNNITTELU ..... 26
5.1 Valaistus ..... 26
5.2 Pistorasiat ja johdotus ..... 29
5.2.1 Pistorasioiden valinta ..... 29
5.2.1 Johdotus ..... 30
5.2.2 Oikosulkulaskenta ..... 32
5.2.3 Suurin sallittu johdinpituus ryhmäkeskuksilta ..... 35
5.2.4 Jännitteenalenema ..... 36
5.3 Keskukset ..... 39
6 SANEERAUKSEN HINTA-ARVIO ..... 40
7 POHDINTA ..... 42
LÄHTEET ..... 43
LIITTEET ..... 45
Liite 1. Sementtivalimon päärakennuksen tasokuva ..... 45
Liite 2. Pääkeskuksen keskuskaavio ..... 46
Liite 3. Ryhmäkeskuksen RK1 keskuskaavio ..... 47
Liite 4. Ryhmäkeskuksen RK2 keskuskaavio ..... 48
Liite 5. Nousujohtokaavio ..... 49
Liite 6. Pääpiirikaavio ..... 50

# 1 LYHENTEET JA TERMIT

| | |
|---|---|
| Suko | Suojakosketin, suojamaadoitettu sähköpistoke tai – rasia |
| PK | Pääkeskus |
| RK | Ryhmäkeskus |
| kW | Kilowatti, teho |
| PRK | Pistorasiakeskus |

# 2 JOHDANTO

Ennen vanhaan moottoreiden säätömahdollisuudet olivat vaikeita ja kalliita toteuttaa. Tasasähkömoottorilla saatiin tarkasti säädettyä moottorin pyörimisnopeutta, mutta nämä moottorit ovat hankintahinnaltaan huomattavasti kalliimpia kuin vaihtosähkömoottorit. Vaihtosähkömoottorit ovat yksinkertaisen rakenteensa myötä halvempia.

Vaihtosähkömoottorin käynnistyksessä virranrajoittamiseksi käytettiin usein tähti-kolmio kytkentää, jolloin käynnistysvirta on kolmannes verrattuna suoraan kolmiokytkentään verrattuna. Tähti-kolmio käynnistyksessä myös käynnistysmomentti on pienempi.

Tavoitteena oli suunnitella oikosulkumoottorille tasasähkömoottorin kaltaista säätömahdollisuutta sen yksinkertaisuuden, vähäisen huoltotarpeen ja edullisen hankintahinnan vuoksi. Nykyään suurin osa oikosulkumoottorikäytöistä ohjataan taajuusmuuttajalla jolla saadaan rajoitettua käynnistysvirtaa sekä säädettyä kierrosnopeutta tai momenttia.

Sementtivalimon betonimassasekoittajan moottori ei käynnisty täydellä kuormalla. Moottorilla ole pyörimisnopeuden säätöä, mikä olisi tarpeellinen betonimassaa sekoitettaessa. Myös tärypöytien moottoreilla tulisi olla pyörimisnopeuden säätö.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tehdä Jämijärven sementtivalimo Oy:lle sähköistyssuunnitelma, jossa laitteisto on päivitetty vastaamaan nykyisiä tarpeita. Lisäksi saneeraukselle piti laatia hinta-arvio.

# 3 LÄHTÖKOHDAT

## 3.1 Jämijärven Sementtivalimo Oy

Jämijärven Sementtivalimo Oy on Jämijärven Vihunkylässä toimiva perinteikäs sementtivalimoyritys, joka valmistaa erilaisia betonituotteita rakennusalan tarpeisiin. Pääasiallisina tuotteina ovat vesi- ja likakaivojen kaivonrenkaat sekä kannet. Tuotteiden valmistuksen lisäksi yritys kuljettaa ja asentaa tilatut tuotteet.

Aiemmin samalla paikalla on toiminut Rajamäen suvun valimoyritys, joka lopetti toimintansa viimeisen yritystä hoitaneen suvun jäsenen Seppo Rajamäen kuoleman jälkeen.

Nykyinen yrittäjä Ari Uusi-Rasi oli Seppo Rajamäen ystävä ja naapuri; siksipä hän auttoi Seppoa valimon töissä vapaa-ajallaan. Koska yritykselle ei Rajamäen suvusta löytynyt jatkajaa Sepon jälkeen, Ari päätti jatkaa perinteikästä yritystä oman päätoimensa ohella. Jämijärven Sementtivalimo Oy aloitti toimintansa vuonna 1996. Sittemmin yrityksen toiminnassa on ollut mukana Arin vaimo ja lapset.

Yrityksen toimintaa kuvaa hyvin joustavuus ja asiakaslähtöisyys: molemmat ovat ominaisuuksia, jotka ovat pienten yritysten markkinointivaltteja. Valimolla valmistetaan tarvittaessa asiakkaan tarpeiden mukaan erikoistuotteita ja tuotteiden toimitus onnistuu myös iltaisin ja viikonloppuisin. Asiakkaan halutessa asentaa tuotteet itse, valimoyritys tarjoaa neuvoja ja tarvittaessa lainaa työkaluja asennuksen suorittamiseksi.

Yrityksen liikevaihto on viime vuosina vaihdellut välillä 40 000 € – 60 000 €, riippuen lähialueiden rakennustoiminnan aktiivisuudesta.

Useat kilpailevat yritykset ovat lopettaneet toimintansa viimeisten vuosien aikana. Kilpailun vähetessä Jämijärven Sementtivalimo on saanut kasvatettua markkina-aluettaan. Viime vuosina perinteiset betonista valmistetut kaivonrenkaat ovat hieman menettäneet suosiotaan muovista valmistetuille renkaille, mutta ainakin toistaiseksi maanraken-

nusurakoitsijat tuntuvat suosivan betonisia renkaita rakennusprojekteissaan. Tulevaisuus näyttääkin jatkuuko tuotteiden menekki yhtä hyvänä kuin nykyään.

Nykyinen sementtivalimon käyttöliittymä on 3x35 A ja verkkoyhtiönä toimii Leppäkosken Sähkö Oy. Kokonaistehonkulutus vaihtelee vuosittain tilausten mukaan niin paljon että sille ei arviota voitu antaa.

### 3.2 Parannusta vaativat toimenpiteet

Sementtivalimon lisääntyneen tuotannon myötä alkoi ilmetä ongelmia vanhojen moottorien toiminnassa. Tuotannossa käytettäviin laitteisiin on tehty muutostöitä, jotta tuotantokapasiteettia on saatu kasvatettua; tämän seurauksena muun muassa betonimassaa sekoittava moottori ei kykene tuottamaan tarpeeksi vääntömomenttia käynnistyäkseen täydellä kuormalla. Moottori käynnistetään tähti-kolmio käynnistyksellä. Kun säiliö on nykyisillä mitoillaan täynnä, ”kippaa” moottori käynnistysvaiheessa eikä täten lähde pyörimään. Kippaamiseksi sanotaan moottorilla tilannetta jolloin kuorma on suurempi kuin mitä moottorin tuottama momentti. Pyörintänopeus on muunnettu suunnilleen sopivaksi vaihteella. Tarpeellisena muutoksena on suunnitella betonimassasekoittajan moottorille pyörintänopeuden säätö. Moottori käynnistetään tähti-kolmio käynnistyksellä.

Sementtirenkaiden tärypöytien moottorit käynnistetään tähti-kolmio käynnistystavalla. Käynnistystapa on virtaa säästävä verrattuna suoraan kolmiokäynnistykseen, ja vääntömomentti on moottoreiden käynnistämiseen riittävä. Moottorit ovat yksinopeusmoottoreita, joten näille on käyttötarkoituksesta johtuen tarpeellista suunnitella kierrosnopeuden säätö.

Valaistus valimon hallirakennuksessa on riittämätön ja toiveena on saada parempi valaistus ja näiden valojen hallinta jokaiselle ovelle. Nykyisellä asennuksella valot voidaan kytkeä pelkästään tavaran lastauspaikan oven vierestä, joka sijaitsee rakennuksen takapuolella. Nykyisellä asennuksella valot saadaan kytkettyä vain yhdestä pisteestä koko halliin. Yhdestä kytkimestä kytkeytyy koko hallin valaistus, lukuun ottamatta tärypöytien huoltotilaa. Saneerauksen jälkeen tulisi valaistus voida kytkeä erikseen lasta-

uspaikalle ja muulle hallille useammasta pisteestä. Lisäksi jokaisella työpisteellä tulisi olla omat kohdevalaisimet, jotka voidaan kytkeä käyttöön tarvittaessa. Ulkovalaistusta täytyy lisätä tavaroiden kuormaamispaikkojen läheisyyteen.

Tarpeellisena muutoksena on työpisteiden lisääminen järkeviin kohtiin, jotta hallia voisi hyödyntää myös muissa töissä. Työpisteisiin tulee lisätä riittävä määrä kolmivaiheisia pistorasioita erinäisten työkoneiden, muun muassa hitsauslaitteen mahdollista käyttöä varten. Työn tavoitteena on tehdä sähköistyssuunnitelma yllämainituille ongelmakohdille sekä parannuksille ja laatia näille muutoksille suuntaa antava hinta-arvio.

# 4 LAITTEISTON VALINTA

## 4.1 Moottorit

Sementtivalimolla on käytössä useita sähkömoottoreita. Yksi tärymoottori hiekka/soraastialla, yksi moottori hoitaa betonimassan sekoituksen, kolme tärymoottoria betonin täryttämistä varten. Lisäksi sementtivalimolla on kaksi nosturia.

Moottorit ovat oikosulkumoottoreita ja niitä käynnistetään tähti-kolmio käynnistyksellä. Tähti-kolmiokäynnistys pienentää käynnistysvirran noin kolmannekseen verrattuna suoraan kolmiokäynnistykseen. Pienemmällä käynnistysvirralla moottorilla on myös pienempi käynnistysmomentti.

Moottoreilla ei ole pyörimisnopeuden säätöä, vaan nopeus on muutettu sopivaksi vaihteen avulla.

### 4.1.1 Betonimassansekoittaja

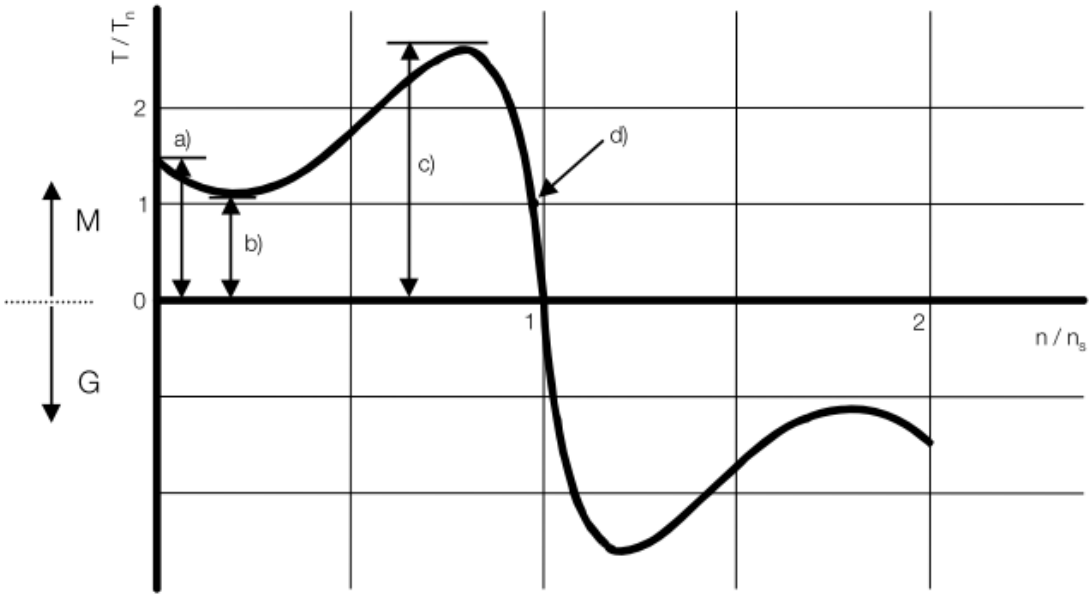
Betonimassaa tehtäessä käynnistetään moottori ja sekoitin pistetään pyörimään. Sekoittimen pyöriessä lisätään hiekka, kivisora sekä sementtijauhe. Tämän vaiheen suorittamiseen kuluu aikaa noin kuusi minuuttia, jolloin betonimassasta on valmiina 75 %. Seuraavaksi lisätään vesi ja niin sanottu fillerihiekka, jonka jälkeen myllyssä oleva seos sekoitetaan tasaisesti. Kahdeksassa minuutissa käynnistyksestä on kaikki aineet saatu myllyyn ja seos on valmista kymmenessä minuutissa. Normaalisti moottoria ei sammuteta täydellä kuormalla eikä tyhjennyksen aikana. Moottori pyritään sammuttamaan vain säiliön ollessa tyhjänä. Yksi käyttöjakso kestää noin 30 minuuttia, josta moottori on sammutettuna yhtäjaksoisesti 15 minuutin ajan. Kuvassa 1 on kuva betonimassasekoittajasta.

KUVA 1. Betonimassasekoittaja

Poikkeustapauksissa moottori joudutaan käynnistämään täydellä kuormalla, esimerkiksi seoksen kuivahdettua tauon aikana ja se käynnistetään sekoittamaan veden lisäyksen ajaksi. Myllystä otetaan betonimassaa kerrallaan noin kuudesosa myllyn tilavuudesta.

Näiden lähtötietojen perusteella voidaan päätellä, että betoninmassasekoittajamoottorin käyttö on lähimpänä käyttötapaa S4: jaksollinen käynnistyskäyttö. ”Jaksollinen käynnistyskäyttö muodostuu sarjasta keskenään samanlaisia jaksoja, joista jokaiseen kuuluu käynnistysaika, toiminta-aika vakiokuormituksella sekä seisonta-aika. Loppulämpötilaa ei saavuteta jakson aikana. Tässä käytössä moottori pysähtyy luonnollisella tavalla hidastuen tai mekaanisella jarrulla jarruttaen, jolloin moottori ei rasitu termisesti.” (ABB: TTT-käsikirja 2000–07)

Moottoria käynnistetään tunnin aikana maksimissaan kaksi kertaa. Käynnistysten vähäisen määrän sekä taajuusmuuttajalla käynnistysvirran hallinnan vuoksi ei huomioida moottorin lämpenemää erikseen. Mikäli käynnistyksiä olisi useampi ja moottori olisi kytketty suoraan sähköverkkoon, tulisi lämpenemä huomioida tällä käyttötavalla. Suurin lämpenemän aiheuttaja sähkömoottorilla on käynnistysvirta, joka on yleensä moottorista riippuen noin 4-7 kertaa suurempi nimelliseen virtaan verrattuna.




KUVA 2. Oikosulkumoottorin tyypillinen momenttikäyrä kierrosnopeuden funktiona (ABB: Tekninen opas nro 7)

Kuvassa 2 on esitettynä oikosulkumoottorin tyypillinen momenttikäyrä pyörimisnopeuteen verrattuna. Kohta a) tarkoittaa lukittua käynnistysmomenttia $T_S$, kohta b) minimimomenttia, kohta c) maksimimomenttia $T_{MAX}$ ja kohta d) moottorin nimellispistettä. Moottoria voidaan pyörittää hetkellisesti maksimimomentillaan. Vääntömomenttiakselin vieressä sijaitsevan nuolessa oleva G tarkoittaa tilannetta jolloin moottori on generaattorikäytössä. Y-akselin $T/T_n$ tarkoittaa vääntömomentin suhdetta nimelliseen vääntömomenttiin ja X-akselin $n/n_s$ kierrosnopeuden suhdetta nimelliseen kierrosnopeuteen.

Moottorin momentti saadaan laskettua alla olevalla kaavalla 1

$$T = \frac{9550 \cdot P}{n} \qquad (1)$$

jossa

$T$ = moottorin tuottama nimellinen momentti, Nm

$P$ = ilmoitettu teho, kW

$n$ = kierrosnopeus, rpm

(ABB: Tekninen opas nro 7)

Lasketaan kaavan 1 mukaan nykyisen moottorin vääntömomentti

$$T = \frac{9550 \cdot 7.5\ kW}{1440\ min^{-1}} = 49{,}739 \ldots Nm\ \approx 50\ Nm \quad (1)$$

Tämän kokoisen moottorin käynnistysmomentti on tyypillisesti noin 2,7 kertainen sen nimelliseen momenttiin verrattuna. Moottori ei nykyisellään kykene täydellä kuormalla käynnistymään, mutta massaa ei tarvitse poistaa paljoa jotta moottori käynnistyy. Tästä syystä voidaan päätellä, että maksimikuorma on lähes nykyisen moottorin käynnistysmomentin verran.

Moottorin käynnistysmomentti saadaan valmistajan ilmoittamien tietojen mukaan. Nämä valmistajan antamat tiedot ovat annettu, kun moottori on kytketty suoraan kolmioon. Koska nykyisellä asennuksella betonimassaa sekoittavalla moottorilla on tähtikolmiokäynnistin, tulee käynnistysmomentti jakaa vielä kolmella. Tämä johtuu siitä että tähtikolmio käynnistyksessä moottoria syöttävän jännitteen suhde suoraan kolmiokäynnistykseen on $\frac{1}{\sqrt{3}}$, jolloin käynnistysvirtakin pienenee. Näistä syistä on myös käynnistysmomentti kolmanneksen kolmiokytkennästä.

Kaavalla 2 voidaan laskea maksimikuorma.

$$T_k = \frac{2{,}7 \cdot T_N}{3} = \frac{2{,}7 \cdot 49{,}739 \ldots Nm}{3} = 44{,}765 \ldots\ Nm \approx 45\ Nm \quad (2)$$

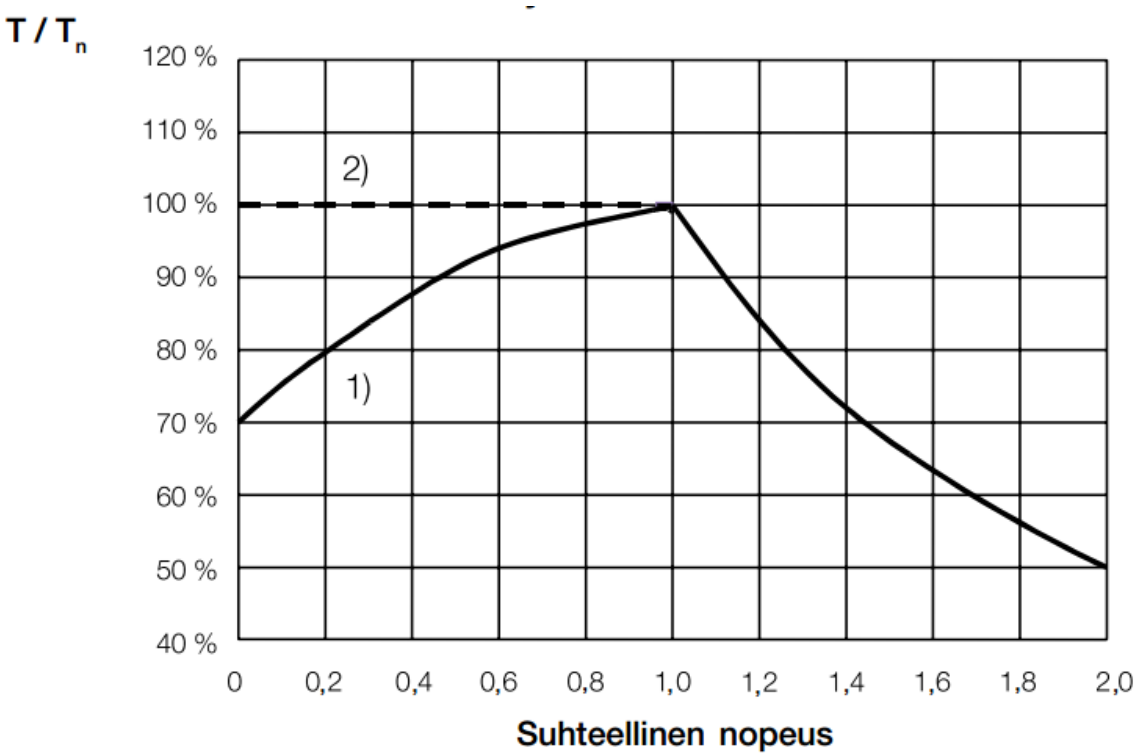
Tätä käyttöä voitaisiin käyttää nykyisellä 7,5 kW moottorilla, kun sitä ohjataan taajuusmuuttajalla. Taajuusmuuttajan avulla saadaan moottorilla tuotettua nimellinen vääntö hyvin alhaisilla kierrosluvuilla, jopa lähes nolla pyörintänopeudesta lähtien.

Maksimimomentille on mitoituksessa hyvä jättää noin 30 % marginaali. Kaavalla 3 tarkastetaan että pysyykö käytössä oleva moottori marginaalien sisällä.

$$T_{0,7MAX} = 70\ \% \cdot T_{MAX} = 70\ \% \cdot 3{,}2 \cdot 49{,}739 \ldots\ Nm \approx 111\ Nm \quad (3)$$

Marginaalia jää käyttöön reilusti yli suositellun 30 %:n verran (45 Nm<111 Nm).

Kuvassa 3 on esitettynä taajuusmuuttajakäytössä moottorin termisen kuormitettavuuden esimerkkikuva.




KUVA 3. Oikosulkumoottorin tyypillinen kuormitettavuus taajuusmuuttajakäytössä (ABB:n tekninen opas nro 7)

Kuvassa käyrä 1 tarkoittaa moottorin kuormitettavuutta ilman erillistä tuuletusta ja käyrä 2 erillisen tuuletuksen kanssa. Koska moottorille on jätetty 30 % vara maksimimomenttiin, voidaan moottoria kuormittaa ilman erillistä jäähdytystä. Suurimman osan ajasta moottoria ja taajuusmuuttajaa käytetään kun suhteellinen nopeus on 1,0. Moottoria voidaan silti käyttää myös suuremmilla nopeuksilla, sillä moottorin vääntömomentti on riittävän suuri verrattuna maksimikuormaan. Yleensä taajuusmuuttajan lämpenemä on oikosulkumoottoria ratkaisevampaa johtuen lämmönnousuajoista, jotka ovat 15 minuutista useisiin tunteihin moottorin koosta riippuen. Taajuusmuuttajan lämmönnousuaika on yleensä muutama minuutti. (ABB:n tekninen opas 7, s.23)

Käytössä oleva 7,5 kW:n moottori on riittävän kokoinen, sillä maksimikuorma on pienempi kuin moottorin nimellinen momentti $T_N$ (45 Nm < 50 Nm). Tämä edellyttää että käytetään samalla välityssuhteella olevaa vaihteistoa, kuin nykyisessä asennuksessa.

Kun sekoitinastian pyörimisnopeutta lasketaan vaihteen avulla, on moottorin akselilla pienempi työ kuorman pyörittämiseen. Tätä voi kuvantaa vaikkapa polkupyörän ajamisella: mitä pienempi vaihde, sitä kevyempi polkea, mutta suurempaan nopeuteen pääseminen vaatii suuremman polkemisnopeuden. Moottorin akselille redusoitu kuormamomentti saadaan vaihteen välityksen mukaan.

### 4.1.2 Tärypöytien moottorit

Tärypöydän tehtävänä on tiivistää betonimassa. Betonimassaa tiivistettäessä saadaan massasta ilmakuplat pois ja täten valmis sementtikappale kestävämmäksi. Sementtivalimolla on kaksi erillistä tärypöytää, joille on yhteensä kolme sähkömoottoria. Tärypöydälle 1 on 5,5 kW:n moottori, jonka nimellispyörimisnopeus on 2900 rpm. Kuvassa 4 on tärypöydän yksi moottori ja sen olosuhteet huoltotilasta kuvattuna. Kuvasta huomataan että moottorit joutuvat olemaan pölyisissä olosuhteissa.

KUVA 4. Tärypöydän TP1 moottori

Kuvassa 5 on esitettynä vielä sama tärypöytä ylhäältä kuvattuna.

KUVA 5. Tärypöytä TP1 yläpuolelta kuvattuna

Tärypöydälle 2 on kaksi moottoria joista toinen on 5,5 kW:n moottori 1440 $min^{-1}$ nimellisellä pyörimisnopeudella ja toinen moottori on 1,1 kW:n moottori samalla nimellisellä pyörimisnopeudella. Tehokkaampi moottori on tarkoitettu niin sanottuun karkeaan täryttämiseen, ja pienempitehoisempi hienotäryttämiseen.

KUVA 6. Tärypöytä TP2 sekä muotti

Kuvassa 6 on tärypöydän 2 näkymä yläpuolelta, sekä betonirenkaiden valmistuksessa käytettävä muotti.

Moottorit käynnistetään tähti-kolmio käynnistyksellä. Moottorien kierrosnopeutta ei voida säätää, joten näille moottoreille tulisi suunnitella taajuusmuuttaja.

Tärymoottoreiden käyttötapa on S4: jaksollinen käynnistyskäyttö. Tärymoottoreita käytetään kerrallaan viiden minuutin ajan, jonka jälkeen on kahden minuutin tauko. Tauon jälkeen moottoria käytetään jälleen viiden minuutin ajan, jonka jälkeen pidetään viiden

minuutin tauko. Tämän jälkeen edellä mainittu sykli alkaa uudelleen alusta. Betonimassasekoittajasta poiketen tärymoottoreiden kuorma pysyy samana käytön ajan.

## 4.2 Taajuusmuuttajat

Taajuusmuuttaja on laite, jolla voidaan säädellä portaattomasti moottorin pyörimisnopeutta ja vääntömomenttia. Taajuusmuuttajalla pystytään säästämään energiaa, sillä taajuusmuuttajakäytöillä on kyky ohjata koneeseen syötettävää tehoa moottorin nopeuden säätämisen kautta. Yksi merkittävä syy, miksi käytöt säästävät energiaa, on niiden kyky muuttaa sähkömoottorin pyörimisnopeutta ja näin ohjata koneeseen syötettävää tehoa. (ABB Oy: Taajuusmuuttaja)

Taajuusmuuttajakäytössä moottori voidaan käynnistää pehmeästi pienellä käynnistysvirralla ja nopeutta voidaan säätää sovelluksen tarpeisiin sopivaksi. Taajuusmuuttajat säätävät oikosulkumoottorin nopeutta prosessin mukaan ja säästävät huomattavasti sekä energiaa että ympäristöä.

Kaikki moottorit eivät kuitenkaan sovi nopeussäätökäyttöön. Jos moottoria on tarkoitus käyttää yhdessä taajuusmuuttajan kanssa, sen suunnittelussa ja valinnassa on otettava huomioon monia eri seikkoja. ABB:n mukaan suunnittelussa huomioon otettavat seikat ovat:

1 Mitoituksessa pitää huomioida että taajuusmuuttajan syöttämä jännite tai virta ei ole ideaalista sinimuotoista aaltoa. Tästä johtuen moottorin häviöt, tärinä sekä melu saattavat lisääntyä. Tämän lisäksi moottorin lämpötilatasapaino voi häiriintyä ja vaikuttaa moottorin laakereiden lämpötilaan (ABB: Esite BU/Vakiomoottorit FI 10–2004.)

2 Taajuusmuuttajakäytössä moottorin pyörimisnopeus voi poiketa huomattavasti moottorin ilmoitetusta nimellispyörimisnopeudesta. Taajuusmuuttajakäytössä on varmistuttava että moottorin suurinta sallittua pyörimisnopeutta ei ylitetä. Usein tarkat maksiminopeuden arvot voi pyytää valmistajalta. Alhaisella nopeudella puhaltimen jäähdytyskyky pienenee, jolloin lämpötilan kasvu moottorilla ja sen

laakereilla kasvavat ja siten rasittavat niitä. Mikäli lämpötila pääsee nousemaan, ja lisätuuletinta ei ole mahdollista asentaa, voidaan käyttää korkeammalle lämpötilalle sopivaa voiteluainetta, mikä lisää osien käyttöikää lyhentämättä huoltoväliä. (ABB: Esite BU/Vakiomoottorit FI 10–2004.)

3 Moottorin käämitykselle aiheutuu suurempi jänniterasitus taajuusmuuttajakäytössä, kuin sinimuotoisella syöttöjännitteellä. Eristysmenetelmä ja suotimet on valittava käytetyn jännitteen, kaapelin pituuden ja taajuusmuuttajatyypin mukaan. (ABB: Esite BU/Vakiomoottorit FI 10–2004.)

4 Laakerijännitteitä ja virtoja on vältettävä kaikissa moottoreissa. Esimerkkinä jos käytetään vakiomallista ABB-taajuusmuuttajaa jossa on 6-pulssinen diodisyöttöyksikkö sekä IGBT-komponentit, on käytettävä taulukon 1 mukaisten ohjeiden mukaan eristettyjä laakereita ja/tai oikein mitoitettuja suotimia. (ABB: Esite BU/Vakiomoottorit FI 10–2004.)

Taulukossa 1 on esitettynä ABB:n pienjännitteisten taajuusmuuttajien valintakriteerit. Näitä valintakriteerejä voidaan yleistää muidenkin valmistajien taajuusmuuttajien valintaan.

TAULUKKO 1. Nopeussäädettyjen käyttöjen eristyksen ja suodatuksen valintaperusteet (ABB: Esite BU/Vakiomoottorit FI 10-2004)

| | **Moottorin nimellisteho $P_N$ tai runkokoko**<br>**$P_N$ < 100 kW** | **$P_N$ ≥ 100 kW tai ≥ IEC 315** | **$P_N$ ≥ 350 kW ≥ IEC 400** |
|---|---|---|---|
| **$U_N$ ≤ 500 V** | Vakiomoottori | Vakiomoottori<br>+ N-päässä eristetty laakeri | Vakiomoottori<br>+ N-päässä eristetty laakeri<br>+ Common mode -suodin |
| **$U_N$ ≤ 600 V** | Vakiomoottori<br>+ dU/dt-suodin<br>**TAI**<br>Vahvennettu eristys | Vakiomoottori<br>+ dU/dt-suodin (kuristin)<br>+ N-päässä eristetty laakeri<br>**TAI**<br>Vahvennettu eristys<br>+ N-päässä eristetty laakeri | Vakiomoottori<br>+ N-päässä eristetty laakeri<br>+ dU/dt-filter<br>+ Common mode -suodin<br>**TAI**<br>Vahvennettu eristys<br>+ N-päässä eristetty laakeri<br>+ Common mode -suodin |
| **$U_N$ ≤ 690 V** | Vahvennettu eristys<br>+ dU/dt-suodin | Vahvennettu eristys<br>+ dU/dt-suodin (kuristin)<br>+ N-päässä eristetty laakeri | Vahvennettu eristys<br>+ N-päässä eristetty laakeri<br>+ dU/dt-suodin<br>+ Common mode -suodin |

Taulukon 1 eristyksen ja suodatuksen valintaperusteiden mukaan riittää sementtivalimon käytössä vakiomoottori, sillä nimellisjännite $U_N$ on alle 500 V ja moottorin nimellisteho $P_N$ jää alle 100 kW.
Taajuusmuuttajaa käytettäessä ei tarvita erillistä käynnistinlaitetta, sillä käynnistysvirta voidaan pitää pienenä taajuusmuuttajan avulla (Korpinen, 10.2.4 Moottorin käynnistäminen)

Taajuusmuuttajaa käytettäessä moottoria ei tarvitse erikseen suojata oikosulkuvirralta, sillä taajuusmuuttaja hoitaa moottorille kohdistuvan oikosulkuhäiriön. Taajuusmuuttajalta lähtevä moottorikaapeli täytyy mitoittaa oikein – taajuusmuuttajan virran mukaan – jotta suojaukseen voi luottaa täysin.

### 4.2.1 Betonimassasekoittajan taajuusmuuttaja

Betonimassaa sekoittava moottori pysyy samana 7,5 kW:n moottorilla. Taulukossa 2 on moottorin kilpiarvot. Lisäksi täydennettynä Siemensin moottoritaulukosta otetut käynnistysvirran $I_s$ ja hyötysuhteen $\eta$ arvot.

TAULUKKO 2. ABB:n ilmoittamat moottorin arvot 11 kW:n oikosulkumoottorille

| $P_N$ (kW) | $n_N$ ($min^{-1}$) | $\eta$ (%) | cos φ | $T_N$ (Nm) | $I_N$ (A) | $I_s$ (kerroin) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 7,5 | 1460 | 87,5 | 0,85 | 71,6 | 15,6 | 6,8 |

Valitaan moottorin pätötehon mukaan alla olevan taulukon 3 mukainen Vaconin taajuusmuuttaja. Valitaan käytettäväksi Vaconin 100 HVAC sarjan taajuusmuuttajia kotelointiluokan vuoksi.

TAULUKKO 3. Valitun taajuusmuuttajan arvot (Vacon 100 HVAC-taajuusmuuttajat asennusopas)

| Verkkojännite 208 - 400 V, 50 - 60 Hz, 3~ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Muuttajan tyyppi | Kuormitettavuus | | | Moottorin akseliteho | |
| | Pieni | | | 230 V:n syöttö | 208 - 240 V:n syöttö |
| | Jatkuva nimellisvirta $I_L$ (A) | Syöttövirta $I_{in}$ (A) | 10 %:n ylikuorm. virta (A) | 10 %:n ylikuormitus 40 °C (kW) | 10 %:n ylikuormitus 40 °C (hv) |
| 0031 | 31,0 | 27,7 | 34,1 | 7,5 | 10,0 |

Taajuusmuuttajan jatkuva nimellisvirta $I_L$ on 31 A, mutta taajuusmuuttajaa voi hetkellisesti kuormittaa 10 %:n ylikuormalla, jolloin tämän ylikuormitusvirta on 34,1 A. Kuvassa 7 on Vaconin 100 HVAC-sarjan taajuusmuuttaja.

KUVA 7. Vacon 100 HVAC taajuusmuuttaja (Vacon HVAC 100 asennusopas)

Koteloinnin suojausluokka taajuusmuuttajilla pitää olla vähintään IP-54-luokan tasolla. IP luokan ensimmäinen numero 5 kertoo että laite on pölysuojattu. Jälkimmäinen numero 4 tarkoittaa että laite on vesiroiskesuojattu. Nämä ominaisuudet ovat vaadittuja sementtivalimolla, sillä laitteet pääsevät prosessin myötä pölyttymään ja kostumaan.

### 4.2.2 Tärypöytien moottoreiden taajuusmuuttajat

Taulukossa 4 on kuvattuna tärypöytien moottoreiden kilpiarvoja. Pienimmän moottorin kilpiarvot eivät ole luettavissa, sillä kilpi on kulunut täysin. Nämä puuttuvat tiedot korvataan ABB:n vastaavan kokoisen moottorin tiedoilla.

TAULUKKO 4. Tärypöytien moottoreiden kilpiarvot

| | $P_N$ (kW) | $n_N$ ($min^{-1}$) | cos φ | $I_N$ (A) |
|---|---|---|---|---|
| M1 | 5,5 | 2900 | 0,84 | 11 |
| M2 | 5,5 | 1440 | 0,84 | 12 |
| M3 | 1,1 | 2870 | 0,8 | 2,4 |

(ABB Oy, Low Voltage performance motors according to EU MPES)

Taulukossa 4 moottori M1 on tärypöydän 1 moottori ja moottorit M2 ja M3 ovat tärypöydän 2 moottorit. Näiden moottoreiden ja tärypöytien sijainnit löytyvät liitteestä 1.

Taulukossa 5 on valittujen Vaconin taajuusmuuttajien valmistajan antamat arvot.

TAULUKKO 5. Valittujen taajuusmuuttajien arvot (Vacon HVAC 100 asennusopas)

| Verkkojännite 208 - 400 V, 50 - 60 Hz, 3~ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Muuttajan tyyppi | Kuormitettavuus | | | Moottorin akseliteho | |
| | Pieni | | | 230 V:n syöttö | 208 - 240 V:n syöttö |
| | Jatkuva nimellisvirta $I_L$ (A) | Syöttövirta $I_{in}$ (A) | 10 %:n ylikuorm. virta (A) | 10 %:n ylikuormitus 40 °C (kW) | 10 %:n ylikuormitus 40 °C (hv) |
| 0006 | 6,6 | 6 | 7,3 | 1,1 | 1,5 |
| 0024 | 24,2 | 21,7 | 26,4 | 5,5 | 7,5 |

Alempia taajuusmuuttajan tyypiltä 0024 taajuusmuuttajia tulee tilattavaksi kaksi kappaletta. Taajuusmuuttajien koteloinnin tulee täyttää suojausluokan IP-54:n vaatimukset. Vaconin taajuusmuuttajiin päädyttiin sen halvan hankintahinnan, sekä sen tarjoaman korkean koteloinnin IP-suojausluokan vuoksi.

## 4.3 Moottorien ja taajuusmuuttajien kaapelointi sekä suojaus

### 4.3.1 Kaapelointi

Taajuusmuuttajakäytössä on suositeltua käyttää symmetrisiä kaapeleita. Kaapelit tulee mitoittaa taajuusmuuttajan nimellisen virran mukaan. Tämä on suositeltavaa koska taajuusmuuttajan tulovirta ei ylitä merkittävästi lähtövirtaa.
(Vacon: Käyttöohje NXS/P-taajuusmuuttajat)

Vaconin asennusoppaassa (käyttöön valittujen taajuusmuuttajien käyttöopas) on taulukoitu maksimikuormitusvirran mukaiset kaapelien poikkipinta-alat. Taulukossa 6 on valikoidut tiedot käyttöoppaan taulukosta, jossa on annettu taajuusmuuttajien suositellut kaapeli- sekä sulakekoot.

TAULUKKO 6. Valmistajan suosittelemat kaapeli- ja sulakekoot (Vacon 100 HVAC asennusopas)

| Koko-luokka | Tyyppi | $I_L$ (A) | Sulake gG/gL (A) | Verkko- ja moottori-kaapelointi Cu ($mm^2$) |
|---|---|---|---|---|
| MR4 | 0006 2-0008 | 6,6-8,0 | 10 | 3x1,5/1,5 |
| MR5 | 0024 2 | 24,0 | 25 | 3x6/6 |
| MR5 | 0031 2 | 31,0 | 32 | 3x10/10 |

Taulukossa 6 on ilmoitettu valituille taajuusmuuttajille sopivat kaapelit sekä sulakekoot. Hienotäryn taajuusmuuttajakäyttöön valitaan 3 x1,5/1,5 $mm^2$ kuparikaapeli. Karkeatäryjen taajuusmuuttajakäyttöön valitaan 3x6/6 $mm^2$ kuparikaapeli. Betonimassasekoittajan taajuusmuuttajalle valitaan 3x10/10 $mm^2$ kuparikaapeli.

Valitsemalla taajuusmuuttajan valmistajan suosittelemat kaapelit, voidaan olla varmoja että nämä kaapelit pystytään kytkemään taajuusmuuttajalle.

Syöttävän verkon ja taajuusmuuttajan välillä voidaan käyttää MCMK-kaapelia. Taajuusmuuttajan ja moottorin välillä taas pitää käyttää MCCMK-kaapelia, jotta EMC-suojaus toimisi. (ABB: ACS550-017UI-käyttöopas.)

Kuvassa 8 on Drakan EMC-häiriösuojattu kuparinen MCCMK kaapeli.

KUVA 8. Drakan MCCMK 3x16+16 häiriösuojattu kaapeli (Taloon.com)

Suojattujen moottorikaapeleiden pituudet ovat kokoluokan MR4 taajuusmuuttajakäytössä 100 m ja MR5 kokoluokan taajuusmuuttajakäytössä 150 m. Moottorikaapelit tulee asentaa 90° kulmaan risteävien kaapeleiden kanssa. Moottorin syöttökaapelit tulee sijoittaa riittävän etäälle toisista samansuuntaisista kaapeloinneista. Mikäli kaapelit kulkevat samansuuntaisesti, tulee ottaa huomioon taulukon 7 mukaiset minimietäisyydet muista kaapeleista. (Vacon: 100 HVAC asennusopas)

TAULUKKO 7. Moottorikaapeleiden väliset minimietäisyydet (Vacon 100 HVAC asennusopas)

| Kaapeleiden etäisyys (m) | Suojattu kaapeli (m) |
|---|---|
| 0,3 | ≤ 50 |
| 1 | ≤ 200 |

Taulukon 7 suojattu kaapelin pituus tarkoittaa, kuinka pitkän matkaa syöttökaapelit kulkevat samansuuntaisesti. Toisessa sarakkeessa on ilmoitettu etäisyys, joka kaapeleilla pitää vähintään olla toisiinsa nähden kyseisillä matkoilla. Kaapeleiden sijoitusmääreillä pyritään estämään sähkömagneettisten kenttien aiheuttamat häiriöt kaapeleissa. Moottorin syötön pituus jää alle 50 metrin, joten muista kaapeloinneista etäisyys pitää olla vähintään 30 cm. Taulukossa 8 on esitettynä moottorien kaapeloinnin pituudet niitä syöttäviltä ryhmäkeskuksilta.

TAULUKKO 8. Moottorien ja taajuusmuuttajien syöttökaapelien pituudet

| Moottori | Syöttävä keskus | *l* (m) |
|---|---|---|
| Betonimassan sekoittaja | RK1 | 15 |
| Tärypöytä 1 | RK2 | 15 |
| Tärypöytä 2 , karkea | RK2 | 7 |
| Tärypöytä 2, hieno | RK2 | 8 |

Kaapelien pituudet ovat karkeasti arvioituja, ja syöttökaapeleita tilatessa tulee mitata tarkemmin, jotta johdinpituuksissa voidaan säästää. Kaapeleiden pituudesta voidaan käyttää MCMK-kuparikaapelia parin metrin verran, sillä taajuusmuuttajat sijaitsevat lähellä sitä syöttävää keskusta. Loput kaapelista on EMC-häiriösuojattua MCCMK-kuparikaapelia.

### 4.3.2 Suojaus

Taajuusmuuttaja hoitaa moottorin suojauksen oikosululta, mikäli kaapeli on mitoitettu nimenomaan taajuusmuuttajan virran mukaisesti. Taajuusmuuttaja on voitava erottaa syöttävästä verkosta erotuslaitteella, joka voidaan lukita auki-asentoon huolto- ja asennustöiden ajaksi.

Standardin SFS-EN 60204-1 mukaan erottimen kuuluu olla joko AC-23B (SFS 60947-3) kytkinerotin, erotukseen sopiva katkaisija, joka täyttää standardin SFS-EN 60947-2 ehdot tai erotin, jonka apukoskettimet toimivat ennen pääpiirin koskettimia (SFS-EN 60947-3). (ABB: ACS550-01/U1-käyttöopas)

Taulukon 6 mukaan valitaan hienotärymoottorin taajuusmuuttajalle 10 A gG-sulake, karkeatärymoottorin taajuusmuuttajalle 25 A gG-sulake sekä betonimassasekoittajamoottorin taajuusmuuttajalle 32 A gG-sulake.

Nykyisellään liittymän pääsulakkeet ovat 35 A suuruiset. Selektiivisyys ei toteudu, mikäli liittymäkoko säilytetään samana. Yleissääntönä voidaan selektiivisyyden toteutumisena pitää sitä, että syötön ja kuorman sulakekokojen väliin jää vielä yksi sulakekoko. Tämä tarkoittaa tässä tapauksessa sitä, että pääliittymän kooksi valitaan 3x50 A liittymäkoko, jolloin taajuusmuuttajan sulakkeen (32 A) ja pääliittymän sulakkeen (50 A) jää vielä yksi sulakekoko (35 A). Kuvassa 9 on kuvattuna Leppäkosken Sähkön sähköhinnasto 1.4.2012, joista näkyvät tarjolla olevat liittymien kokoluokat. Kuvasta otettu pelkästään Yleissähkön hinnasto.

## Sähköhinnasto 1.4.2012

### Yleissähkö

| Perusmaksu | | | €/kk |
|---|---|---|---|
| **Pääsulake A** | **Siirto** | **Myynti** | **Kokonaishinta** |
| 3 x 16* | 7,30 | 2,75 | **10,05** |
| 3 x 25 | 11,10 | 2,75 | **13,85** |
| 3 x 35 | 16,00 | 2,75 | **18,75** |
| 3 x 50 | 28,00 | 2,75 | **30,75** |
| 3 x 63 | 36,00 | 2,75 | **38,75** |
| 3 x 80 | 58,00 | 2,75 | **60,75** |
| 3 x 100 | 73,00 | 2,75 | **75,75** |
| 3 x 125 | 106,00 | 2,75 | **108,75** |
| 3 x 160 | 145,00 | 2,75 | **147,75** |
| 3 x 200 | 180,00 | 2,75 | **182,75** |

* Monimittauskeskusten yksivaiheisissa käyttöpaikoissa perusmaksu on 3 x 16 A mukainen.

KUVA 9. Leppäkosken Sähkön hinnasto vuodelta 2012 (Leppäkosken Sähkö Oy, muokattu)

# 5 MUU SÄHKÖINEN SUUNNITTELU

## 5.1 Valaistus

Sementtivalimolla on huono valaistus ja tätä haluttaisiin parantaa työnteon helpottamiseksi. Taulukossa 9 on esitettynä standardin SFS-EN12464-1 mukaiset valaistusvaatimukset.

TAULUKKO 9. Valaistusvaatimukset (SFS-EN-12464-1, taulukko 5.8, muokattu)

| Viitenro. | Tila, tehtävä tai toiminta | $E_m$ (lx) |
|---|---|---|
| 5.8.1 | Kuivaus | 50 |
| 5.8.2 | Aineiden esikäsittely, työskentely uuneilla ja sekoittimilla | 200 |
| 5.8.3 | Yleinen konetyö | 300 |
| 5.8.4 | Karkeamuotit | 300 |

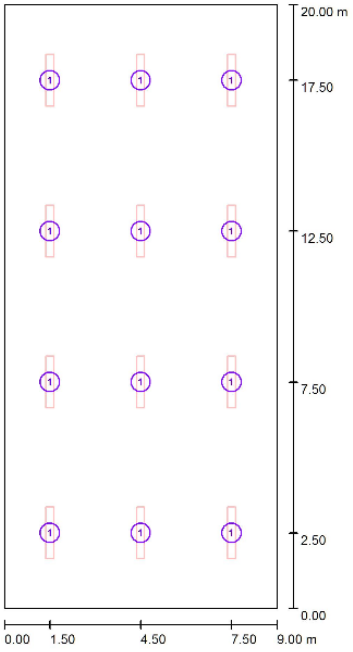
Sementtivalimolla täytyy standardin mukaan olla vähintään 300 luxin valaisuvoimakkuus pääomaiseen käyttötarkoitukseensa. Rakennuksessa saatetaan tehdä myös muita satunnaisia töitä, kuten hitsausta ja rälläköimistä. SFS-EN 12464-1 standardin (taulukko 5.18 Teollisuus ja käsityö – Metalliteollisuus ja metallin käsittely) mukaan hitsaustyölle sekä karkealle ja tavanomaiselle konetyölle vaaditaan myös 300 luxin valaistusvoimakkuus. Tavoitteena on saada valaistus vaaditulle 300 luxin tasolle. Valaisimia ei voi laskea alemmas, sillä hallissa sijaitsevien nostureiden toimintareitit rajoittavat valaisimien sijoittamista.

Työpisteille tarvitaan lisäksi omat kohdevalaisimet. Työpisteet – joissa tarvitaan lisävalaistusta – sijaitsevat betonimyllyllä, sekä molemmilla tärypöydillä. Vaadittua parempaa valaistusta ei pyritä mitoittamaan, sillä hallin korkeus on sen verran suuri, että valaistus tulisi hyötyihin nähden kalliiksi sekä hankalaksi toteuttaa.

Valaistus päädyttiin laskemaan pelkästään hallin matalassa osuudessa, jossa pääsääntöisesti työtä tehdään. Matalalla osuudella sijaitsevat tärypöydät sekä betonimassaa sekoittava mylly. Valaisimiksi valitaan Elektroskandia Esperia 2x58W/V/Inox304 HF loisteputkivalaisimet. Valaisimia tarvitaan Dialux-laskujen mukaan yhteensä 12 kappaletta.

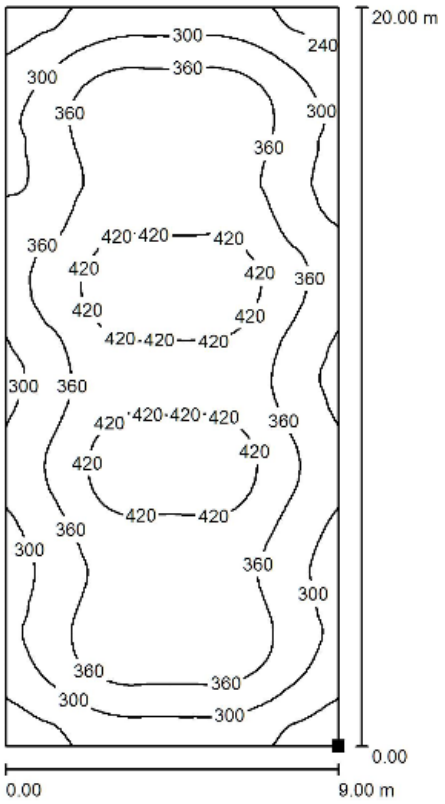
Valaisimien teho on Dialuxin laskentaohjelman mukaan yhteensä 1296 W, IP-luokitukseltaan käytettävä valaisin on IP-65 joka on riittävä sementtivalimon tiloissa. Korkealla osuudella käytetään samaa valaisinta. Tällä osuudella riittävä määrä on kolme kappaletta Esperia-sarjan valaisimia. Tärypöytien alapuolella sijaitsevalle huoltotilalle ei valaisinsuunnittelua tehdä, sillä siellä on riittävän hyvä valaistus käyttötarpeeseen nähden.

Kuvassa 10 on esitettynä Dialuxin mukainen valaisimien sijoitus hallin matalalla osuudella.




KUVA 10. Valaisimien sijainnit

Kuvassa ympyröity numero tarkoittaa valaisimen mallia, joka on listattuna Dialuxin laskentaohjelmassa. Tässä kuvassa kaikki valaisimet ovat ykkösiä, sillä ohjelmalla laskettiin vain yhdellä valaisintyypillä valaistustehot. Nämä valaisimien sijainnit ovat viitteellisiä, sillä asennuksessa ei välttämättä pystytä näille paikoille valaisimia asentamaan. Näillä sijainneilla on kuitenkin saatu laskettua valaistusmäärät jotka on esitettynä kuvassa 11.




KUVA 11. Matalan tilan lattiatason Isolux-käyrät

Kuvan 11 Isolux-käyrien mukaan huomataan, että varsinaisella työskentelyalueella on riittävä valaistusteho. Kuvassa olevat arvot ovat yksiköltään luxeja. Alle vaaditun 300 luxin menee ainoastaan lasketun tilan kulmissa, tästä ei kuitenkaan haittaa ole koska nämä alueet ovat lähinnä varastointia varten. Työpisteiden valaistusta parannetaan työpistekohtaisilla kohdevalaisimilla.

Valitaan työpisteille kohdevalaisimiksi Airam Electric Oy Ab:n Scanflood tuotesarjan valonheitin mallinumerolla A5SFBB IP65 RX7s HIT 150W S. Valaisimia tulee yhteensä kolme kappaletta, jokaiselle työpisteelle omansa. Samoja valaisimia käytetään myös ulkona lastausalueen valaisemiseen.

## 5.2 Pistorasiat ja johdotus

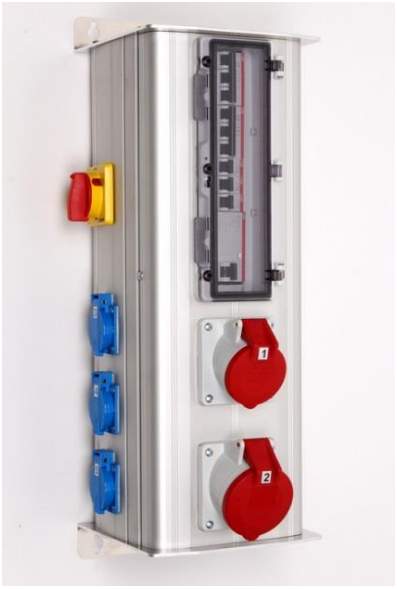
### 5.2.1 Pistorasioiden valinta

Nykyisellä asennuksella pistorasioiden sijainnit ovat huonot eikä niitä ole riittävästi käyttötarpeeseen nähden. Hallilla joudutaan käyttämään paljon pitkiä jatkojohtoja. Tämä vähentää huomattavasti käyttömukavuutta sekä vaikuttaa myös merkittävästi työturvallisuuteen. Eniten tarvetta on kolmivaiheisille voimapistorasioille: näitä tulisi lisätä pääkeskuksen, hiekkasiilojen ja ulko-ovien läheisyyteen. Nämä sijainnit näkyvät suuntaa-antavasti liitteessä 1. Tarkkoja piirroksia ei tehdä, koska ei ole varmuutta tuleeko muutokset toteutukseen. Mahdollinen toteutus sijaitsisi luultavasti noin kymmenen vuoden päässä jolloin laitteiston tarpeen määräkin on todennäköisesti muuttunut.

Valitaan tarvittaville paikoille pistorasiakeskuksia. Valitaan käyttöön FPK311V pistorasiakeskukset. Nämä keskukset ovat 40 A 3-napaisella kytkimellä varustettuja keskuksia. Liittymän pääsulakkeen vuoksi valitaan näiden syöttöön 32 A gG sulake, jotta selektiivisyys toteutuu.

FPK311V pistorasiakeskuksessa on kolme kappaletta 230 V yksivaiheisia suko (suojamaadoitettu) pistorasioita, yksi kolmivaiheinen 16 A voimapistorasia sekä yksi kolmivaiheinen 32 A voimapistorasia.

Pääkeskuksella tarvitaan vähintään neljä voimapistorasiaa, joten asennetaan pääkeskuksen läheisyyteen kaksi kappaletta FPK311 pistorasiakeskuksia. Kuvassa 12 on valittu pistorasiakeskus.



KUVA 12. FPK 311V Pistorasiakeskus (KK-Sähkötukku Oy, 28.3.2014)

### 5.2.1 Johdotus

Ulkona sijaitseville pistorasioille vedetään RK2:lta (sijaitsee tärypöytä kahden läheisyydessä) 1,5mm$^2$ kaapelia L, PE ja N. Sulakkeeksi näille pistorasioille riittää 10 A sulake. Valaisimilla voidaan käyttää samaa kaapelia kuin ulkona sijaitsevilla pistorasioilla. Hallin valaistusta syötetään RK1:ltä joka sijaitsee pääkeskuksen vieressä. Suuremman valaisinryhmän teho on 1296 kW ja tälle syötölle riittää myös 10 A sulake. Taulukossa 10 on esitettynä pääkeskuksen ja muiden keskusten välinen johdinpituus.

TAULUKKO 10. Keskusten välinen johdinpituus pääkeskukselta

| Keskus | Johdinpituus (m) |
|---|---|
| RK1 | 2 |
| RK2 | 18 |
| PRK1 | 2 |
| PRK2 | 2 |
| PRK3 | 12 |
| PRK4 | 12 |
| PRK5 | 18 |
| PRK6 | 26 |

SFS 600 standardin mukaan kaapelin ylikuormitukselta suojaavan laitteen ominaisuuksien on täytettävä seuraavat ehdot:

$I_B \leq I_n \leq I_z$ , Epälauseke 1 (4)

ja

$I_2 \leq 1{,}45 \cdot I_z$, Epälauseke 2 (5)

Mitoitusvirta $I_B$ keskukselle RK1 saadaan laskettua kaavalla 6. Virtapiirinkokonaisteho saadaan taulukosta 16 kappaleessa 5.3 Keskukset.

$$I_B = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} = \frac{15081\,W}{\sqrt{3} \cdot 400\,V \cdot 0{,}8} = 27{,}209 \ldots A \approx 27{,}2\,A \quad (6)$$

jossa
$I_B$ = virtapiirin mitoitusvirta, A
$P$ = virtapiirin kokonaisteho, W
cos $\varphi$ = tehokerroin
$U$ = pääjännite, V

Standardin SFS 600 (SFS 6000-5-52.2007, s. 280–281) liitteen 52B mukaan valittaisiin sulakkeeksi 32 A sulake. Mutta selektiivisyyden vuoksi valitaan 35 A sulake, sillä taajuusmuuttajalle lähtevä syöttökaapeli on suojattu 32 A sulakkeella. Kaavalla 7 – johdettu epälausekkeesta 2 – lasketaan johtimen jatkuva kuormitettavuus $I_z$. $I_2$ arvo saadaan sulakkeen sulamisrajavirrasta, joka on 1,6…2,1 kertaa sulakkeen nimellisvirta. Käytetään gG-sulakkeilla 1,6 kerrannaista.

$$I_z = \frac{1{,}6}{1{,}45} \cdot I_n = \frac{1{,}6}{1{,}45} \cdot 20 = 22{,}069 \ldots A \approx 22\,A \quad (7)$$

jossa
$I_n$ = suojalaitteen mitoitusvirta, A
$I_z$ = johtimen jatkuva kuormitettavuus, A
Mitoitusvirta $I_B$ keskukselle RK2

$$I_B = \frac{14330\ W}{\sqrt{3}\cdot 400\ V\cdot 0{,}8} = 25{,}583 \ldots A \approx 26\ A \quad (6)$$

SFS 600 standardin mukaan sulakkeen kooksi valitaan 32 A sulake. Kaavalla 7 lasketaan johtimen jatkuva kuormitettavuus $I_z$

$$I_z = \frac{1{,}6}{1{,}45} \cdot 32\ A = 35{,}310 \ldots A \approx 35\ A \quad (7)$$

Taulukossa 11 on keskuksille valitut nousujohdot. RK1 keskukselle on valittu poikkipinta-alaltaan 10 mm$^2$ kuparikaapeli, sillä moottoria syöttävän taajuusmuuttajan ohjeissa suositellaan käytettäväksi 10 mm$^2$ kuparikaapelia. Nousujohdon pitää olla vähintään samankokoista kuin syöttökaapeli. Kaapeleiden asennustapa keskuksille on C (Yksi- tai monijohdinkaapelit puuseinällä).
(SFS 6000-5-52, 2007, Taulukko A.52-1)

TAULUKKO 11. Keskuksille valitut nousujohdot

| Keskus | Kuparikaapelin poikkipinta-ala (mm$^2$) | Valittu johdin |
|---|---|---|
| RK1 | 10 | MCMK 4x10/10 |
| RK2 | 6 | MCMK 4x6/6 |
| PRK1 | 6 | MCMK 4x10/10 |
| PRK2 | 6 | MCMK 4x10/10 |
| PRK3 | 6 | MCMK 4x10/10 |
| PRK4 | 6 | MCMK 4x10/10 |
| PRK5 | 6 | MCMK 4x10/10 |
| PRK6 | 6 | MCMK 4x10/10 |

### 5.2.2 Oikosulkulaskenta

Keskuksille pitää laskea oikosulkuvirta, jolla tarkastetaan mitoitettujen suojalaitteiden toimivuus. Oikosulkuvirralla keskusten välisten suojalaitteiden pitää laueta viidessä sekunnissa. Verkkoyhtiön ilmoittamalla pienimmällä oikosulkuvirralla (Leppäkosken Sähkön ilmoittama oikosulkuvirta *Ik* on 455 A) saadaan laskettua pääkeskuksella oleva oikosulkuimpedanssi. Kaavalla 8 lasketaan oleva oikosulkuimpedanssi.

$$I_k = \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot Z} \rightarrow Z = \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot I_k} = \frac{0{,}95 \cdot 400\ V}{\sqrt{3} \cdot 455\ A} = 0{,}482 \ldots\ \Omega \approx 0{,}48\ \Omega \qquad (8)$$

jossa

$U$= verkon pääjännite, V

$I_k$ = pienin yksivaiheinen oikosulkuvirta, A

$Z_k$ = virtapiirin kokonaisimpedanssi, Ω

$c$ = kerroin, joka ottaa huomioon jännitteen aleneman keskuksissa (1…0,9)

(Käsikirja rakennusten sähköasennuksissa D1-2012)

Kaavan 9 avulla voidaan laskea oikosulkupiirin impedanssi $Z_{RK}$ esimerkkinä laskettu RK1:lle. Oikosulkupiirin impedanssia laskettaessa täytyy lisätä nousujohdon impedanssi yllä laskettuun oikosulkuimpedanssiin.

$$Z_{RK} = Z_{RK} + 2 \cdot l \cdot Z_l = 0{,}482 \ldots \Omega + 2 \cdot 0{,}002\ \text{km} \cdot 2{,}246\ \frac{\Omega}{km} \approx 0{,}49\ \Omega \qquad (9)$$

jossa

$Z_{RK}$ = oikosulkuimpedanssi keskuksella RK1, Ω

$Z_l$ = johtimen impedanssi, $\frac{\Omega}{km}$

$l$ = johtimen pituus, km

(Käsikirja rakennusten sähköasennuksissa D1-2012)

Kaavalla 8 saadaan laskettua oikosulkuvirta keskuksella RK1, kun sijoitetaan kaavalla 7 laskettu oikosulkuimpedanssi.

$$I_{KRK} = \frac{c \cdot U}{Z_{RK} \cdot \sqrt{3}} = \frac{0{,}95 \cdot 400\ V}{0{,}49 \ldots\ \Omega \cdot \sqrt{3}} = 446{,}6 \ldots A \approx 446\ A \qquad (8)$$

Taulukossa 12 on esitettynä nopeasti toimivien gG-sulakkeiden pienimmät toimintavirrat.

TAULUKKO 12. Sulakkeiden pienimmät toimintavirrat

| Pienimmät toimintavirrat gG-sulakkeille ja vaaditut mitatut arvot | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Nimellis-virta (A) | gG-sulake 0,4 s (A) | Vaadittu mitat-tu arvo (A) | gG-sulake 5,0 s (A) | Vaadittu mitattu arvo (A) |
| 10 | 82 | 102,5 | 46,5 | 58 |
| 16 | 110 | 137,5 | 65 | 81,3 |
| 20 | 145 | 181,3 | 85 | 106,3 |
| 25 | 180 | 225 | 110 | 137,5 |
| 32 | 270 | 337,5 | 150 | 187,5 |
| 32 | 287 | 359 | 165 | 206,3 |
| 40 | 315 | 393,8 | 190 | 237,5 |
| 50 | 470 | 587,5 | 250 | 312,5 |
| 63 | 550 | 687,5 | 320 | 400 |

RK1 on suojattu 35 A sulakkeella. 35 A gG-sulake vaatii vähintään 165 A oikosulkuvirran, jotta se toimii viidessä sekunnissa. Suojaus toimii tältä osin, sillä 165 A < 446 A.

Taulukossa 13 on laskettuna keskusten oikosulkuimpedanssit ja -virrat sekä keskusten sulakkeiden vaatimat oikosulkuvirrat.

TAULUKKO 13. Keskusten lasketut oikosulkuimpedanssit ja -virrat sekä keskusta suojaavien pienimmät toimintavirrat

| Keskus | $Z_{RK}$ (Ω) | $I_{KRK}$ (A) | $I_{gG}$ (A) |
|---|---|---|---|
| RK1 | 0,491 | 446,7 | 165 |
| RK2 | 0,614 | 357,4 | 150 |
| PRK1 | 0,497 | 441,6 | 150 |
| PRK2 | 0,497 | 441,6 | 150 |
| PRK3 | 0,570 | 384,9 | 150 |
| PRK4 | 0,570 | 384,9 | 150 |
| PRK5 | 0,614 | 357,4 | 150 |
| PRK6 | 0,673 | 326,2 | 150 |

Taulukossa 13 esiintyvä $I_{gG}$ on sulakkeen pienin toimintavirta. Kaikilla keskuksilla on riittävän suuri oikosulkuvirta, jotta suojaus toimisi.

### 5.2.3 Suurin sallittu johdinpituus ryhmäkeskuksilta

Tässä kappaleessa mitoitetaan ryhmäkeskuksilta RK1 ja RK2 lähtevien johtimien suurin sallittu johdinpituus, jolloin sulakkeet vielä toimivat. Sallittu johdonpituus voidaan laskea alla olevalla kaavalla 10.

$$l = \frac{c \cdot U}{\frac{\sqrt{3} \cdot I_k - Z_v}{2 \cdot z}} \qquad (10)$$

jossa

$l$ = johtimen pituus, km

$c$ = suositellun maksimijännitteen aleneman kerroin 0,95

$U$ = pääjännite, V

$I_K$ = oikosulkuvirta, joka aiheuttaa automaattisen poiskytkennän vaaditussa ajassa, A

$Z_v$ = impedanssi ennen suojalaitetta, Ω

$z$ = suojattavan johtimen impedanssi, $\frac{\Omega}{km}$

(Käsikirja rakennusten sähköasennuksissa D1-2012)

Lasketaan kaavalla 10 keskukselta RK1 lähtevän johtimen suurin sallittu johtopituus 10 mm$^2$ kuparikaapelilla, kun suojalaitteena on 32 A gL-sulake. Taulukosta 12 saadaan 32 A:n gG sulakkeella pienimmäksi toimintavirraksi 270 A.

$$l = \frac{0{,}95 \cdot 400\ V}{\frac{\sqrt{3} \cdot 270\ \text{A} - 0{,}491 \ldots \Omega}{2 \cdot 2{,}246 \frac{\Omega}{km}}} = 181{,}082 \ldots m \approx 181\ m \qquad (10)$$

Taulukossa 14 on esitettynä edellä lasketun keskukselta RK1 lähtevän 32 A/10 mm$^2$ johtolähdön suurin sallittu johdinpituus sekä samaan tapaan lasketun 10 A/1,5 mm$^2$ lähdön pisin johdinpituus.

TAULUKKO 14. RK1:lle lasketut suurimmat sallitut johdinpituudet

| Sulake/johdin | $l_{max}$ (m) |
|---|---|
| 10 A/1,5 mm$^2$ | 91 |
| 32 A/ 10 mm$^2$ | 181 |

Taulukon 14 laskettujen tuloksien mukaan suojaukset toimivat suunnitelman johtimilla. Pisin johdinpituus keskukselta lähtee valaistukselle (10A/1,5mm$^2$) ja sen pituudeksi tulee noin 30 metriä. Moottorin ja taajuusmuuttajan syöttökaapelin pituus on laskettu aikaisemmin tehdyssä taulukossa 8.

Taulukossa 15 on esitettynä samaan tapaan kuin edellä lasketut johdinpituudet keskuksen RK2 lähteville johtimille.

TAULUKKO 15. . RK2:lle lasketut suurimmat sallitut johdinpituudet

| Sulake/johdin | $l_{max}$ (m) |
|---|---|
| 10 A/1,5 mm$^2$ | 91 |
| 16 A/2,5 mm$^2$ | 114 |
| 25 A/6 mm$^2$ | 166 |

Moottorien ja taajuusmuuttajien syöttökaapeleiden pituudet on laskettu aikaisemmin tehdyssä taulukossa 7. 16 A/2,5mm$^2$ syöttö lähtee yksivaiheisena toiselle rakennukselle (vanha valimo), joka sijaitsee muutaman metrin päässä sementtivalimon päärakennuksesta. Johdinpituus jää alle 100 metrin, joten suojaus toimii.

### 5.2.4 Jännitteenalenema

Jännitteenalenemasta ei ole vaatimuksia. Suositusarvona sähkölaitteiston liittymiskohdan ja sähkölaitteen välillä pidetään enintään 3 % sähkölaitteiston nimellisjännitteestä valaistusryhmille ja enintään 5 % muille laitteille (D1-2012 Käsikirja rakennusten sähköasennuksissa). Jännitteenalenema on laskettu osittain ryhmäkeskuksilta sen pisimmille johdinlähdöille

Kaavalla 11 voidaan laskea jännitteenalenema.

$$u = b \cdot (\rho_1 \cdot \frac{L}{S} \cdot \cos\varphi + \lambda \cdot L \cdot \sin\varphi) \cdot I_B \qquad (11)$$

jossa

$u$ = jännitteenalenema, V

$b$ = kerroin, yksivaiheisella 2 ja kolmivaiheisella 1

$\rho_1$ = johdinmateriaalin resistiivisyys, kuparilla 0,0225 $\Omega \cdot \frac{\mathrm{mm}^2}{m}$

$L$ = johtojärjestelmän pituus, m

$S$ = johtimen poikkipinta-ala, $\mathrm{mm}^2$

$cos\ \varphi$ = tehokerroin, oletetaan sen olevan 0,8 ($sin\ \varphi$ = 0,6)

$\lambda$ = johtimen reaktanssi pituusyksikköä kohden, oletetaan sen olevan $0{,}08 \cdot 10^{-3}\ \frac{\Omega}{m}$

$I_B$ = suunniteltu virta, A

(SFS 6000-5-52, Liite 52G)

Lasketaan kaavalla 11 jännitteenalenema välillä PK-RK1.

$$u = 1 \cdot \left(0{,}0225\ \Omega \cdot \frac{\mathrm{mm}^2}{m} \cdot \frac{2\ m}{10\ mm^2} \cdot 0{,}8 + \ 0{,}08\ \cdot 10^{-3}\ \frac{\Omega}{m} \cdot 2\ m \cdot 0{,}6\right) \cdot 35\ \mathrm{A} \qquad (11)$$
$$= 0{,}12936\ldots\ V\ \approx 0{,}13\ V$$

Lasketaan vielä kaavalla 11 pisimmän ryhmäjohdon (valaisimet 30m 10 A/1,5 $\mathrm{mm}^2$) aiheuttama jännitteenalenema.

$$u = 2 \cdot \left(0{,}0225\ \Omega \cdot \frac{\mathrm{mm}^2}{m} \cdot \frac{30\ m}{1{,}5\ mm^2} \cdot 0{,}8 + \ 0{,}08 \cdot \frac{\mathrm{m}\Omega}{m} \cdot 30\ m \cdot 0{,}6\right) \cdot 10\ \mathrm{A} \qquad (11)$$
$$= 7{,}229\ldots\ V\ \approx 7{,}23\ V$$

Jännitteenalenema prosentteina saadaan kaavalla 12.

$$\Delta u = 100 \cdot \frac{u}{U_0} \qquad (12)$$

jossa

$\Delta u$ = jännitteenalenema, %

$U_0$ = jännite vaiheen ja nollan välillä, V

Prosentuaalinen jännitteenalenema RK1:n pisimmän ryhmäjohdon päässä on.

$$\Delta u = 100 \cdot \frac{7{,}229\ldots V + 0{,}129\ldots V}{230\ V} = 3{,}19\ \ldots\ \% \approx 3{,}20\ \% \qquad (12)$$

Jännitteenalenema on enemmän kuin valaisinryhmälle suositeltu 3 %, mutta se ei ole määräävä. Mikäli halutaan saada jännitteenalenema alle suositellun 3 %, on käytettävä valaisimilla suurempaa 2,5 $mm^2$ kaapelointia.

Lasketaan jännitteenalenema kaavalla 11 välillä PK-RK2.

$$u = 1 \cdot \left(0{,}0225\ \Omega \cdot \frac{\mathrm{mm}^2}{m} \cdot \frac{18\ m}{6\ mm^2} \cdot 0{,}8 + \ 0{,}08\ \cdot 10^{-3}\ \frac{\Omega}{m} \cdot 18\ m \cdot 0{,}6\right) \cdot 32\ \mathrm{A} \qquad (11)$$
$$= 1{,}755\ldots\ V\ \approx 1{,}76\ V$$

Lasketaan vielä kaavalla 11 pisimmän ryhmäjohdon (vanhan valimon yksivaiheinen syöttö 40m 16 A/2,5 $mm^2$) aiheuttama jännitteenalenema.

$$u = 2 \cdot \left(0{,}0225\ \Omega \cdot \frac{\mathrm{mm}^2}{m} \cdot \frac{40\ m}{2{,}5\ mm^2} \cdot 0{,}8 + \ 0{,}08 \cdot 10^{-3}\ \frac{\Omega}{m} \cdot 40\ m \cdot 0{,}6\right) \cdot 16\ \mathrm{A} \qquad (11)$$
$$= 9{,}277\ldots\ V\ \approx 9{,}28\ V$$

Prosentuaalinen jännitteenalenema RK2:n pisimmän ryhmäjohdon päässä on.

$$\Delta u = 100 \cdot \frac{9{,}277\ldots V + 1{,}755\ldots V}{230\ V} = 4{,}796\ \ldots\ \% \approx 4{,}80\ \% \qquad (12)$$

Jännitteenalenema on alle suositellun (muulla kuin valaisinryhmällä <5 %).

Pistorasiakeskuksille tarvitsee laskea vain kauimpana olevan pistorasiakeskuksen jännittenalenema, sillä kaikkia pistorasiakeskuksia syötetään samankokoisella kaapelilla ja suojataan samankokoisella sulakkeella. Lasketaan kaavalla 11 jännitteenalenema kauimpana sijaitsevalle pistorasiakeskukselle.

$$u = 2 \cdot \left(0{,}0225\ \Omega \cdot \frac{\mathrm{mm}^2}{m} \cdot \frac{26\ m}{6\ mm^2} \cdot 0{,}8 + \ 0{,}08 \cdot 10^{-3}\ \frac{\Omega}{m} \cdot 26\ m \cdot 0{,}6\right) \cdot 32\mathrm{A} \qquad (11)$$
$$= 2{,}535\ldots\ V\ \approx 2{,}54\ V$$

Prosentuaalinen jännitteenalenema pääkeskuksesta kauimpana sijaitsevaan pistorasiakeskukseen on.

$$\Delta u = 100 \cdot \frac{2{,}535\ldots V}{230\,V} = 1{,}102\ldots\,\% \approx 1{,}10\,\% \quad (12)$$

Jännitteenalenema on alle suositusten (1,1 % < 5 %)

## 5.3 Keskukset

Valaistuksen ja betonimassaa sekoittavan moottorin ja taajuusmuuttajan syöttö lähtee RK1:ltä.

RK2:lta lähtee tärypöytien moottoreiden ja taajuusmuuttajien syöttö, kohdevalaisimien syöttö sekä vanhan sementtivalimon 1-v syöttö.

Taulukossa 16 on laskettuna ryhmäkeskuksien kokonaisteho. Kokonaistehoa tarvitaan suojalaitteiden ja nousukaapeleiden mitoittamiseen.

TAULUKKO 16. Ryhmäkeskusten laskettu kokonaisteho

| Keskus | Kokonaisteho (W) |
|---|---|
| RK1 | 15081 |
| RK2 | 14330 |

RK1:llä ei ole kokonaistehon laskussa huomioitu tasauskerrointa, sillä laitteet ja valaisimet ovat yleensä käytössä samanaikaisesti. RK2:lla taas on käytetty 5,5 kW moottoreita syöttävän taajuusmuuttajilla tasauskerrointa 0,5, sillä tärypöydät eivät ole käytössä yhtäaikaisesti. RK2:lle pitää lisätä valintakytkin, jolla varmistetaan että molemmat taajuusmuuttajat eivät voi syöttää virtaa samanaikaisesti.

Käyttöön tulevat keskukset tilataan POK Groupilta, joka valmistaa kyseiseen käyttöön sopivat keskukset piirikaavion ja keskuskaavion perusteella.

# 6 SANEERAUKSEN HINTA-ARVIO

Työt saneerauksessa hoidetaan Jämijärven Sementtivalimo Oy:llä perheen kesken, joten työtunneille ei lasketa hinta-arviota. Saneerauksen hinta-arvio on hyvin karkea arvio, sillä laitteiston hinnaston arviointi on hankalaa. Eniten hankaloittaa taajuusmuuttajien hinnan osalta se, että se on usein sopimuskysymys myyjän ja ostajan kanssa. Taulukossa 17 on laskettuna moottori- ja nousukaapeleiden hinnat.

TAULUKKO 17. Moottori- ja nousukaapeleiden hinnat

| Kaapeli | *l* (m) | *h* (€/m) | Kustannus (€) |
|---|---|---|---|
| MCMK 3x1,5/1,5 | 2 | 1,35 | 2,7 |
| MCMK 3x6/6 | 4 | 5,18 | 20,72 |
| MCMK 4x6/6 | 90 | 4,4 | 396 |
| MCMK 3x10/10 | 2 | 5,8 | 11,6 |
| MCMK 4x10/10 | 4 | 7,4 | 29,6 |
| MCCMK 3x1,5/1,5 | 6 | 4,84 | 29,04 |
| MCCMK 3x6/6 | 18 | 5,77 | 103,86 |
| MCCMK 3x10/10 | 13 | 10 | 130 |
| YHTEENSÄ | | | 723,52 |

Hinnastoissa on yhdistelty Taloon.com, Finnparttia Oy:n sekä Kokkolan Sähkö ja Automaatio oy:n ilmoittamia hintoja. Toimituskustannukset eivät sisälly laskelmiin.

Taulukossa 18 on taajuusmuuttajien hinnat. Vacon HVAC 100 0024 taajuusmuuttajia tilataan kaksi kappaletta.

TAULUKKO 18. Taajuusmuuttajien hinnat

| Taajuusmuuttaja | Hinta (€) |
|---|---|
| Vacon HVAC 100 0003 | 500 |
| Vacon HVAC 100 0024 | 800 |
| Vacon HVAC 100 0031 | 900 |
| YHTEENSÄ | 3000 |

Taajuusmuuttajien suuntaa antavat hinnat on saatu SLO Oy:ltä

Pääkeskuksen ja ryhmäkeskuksien hintaan varataan noin 2000 €, sillä pääkeskus ja ryhmäkeskukset tehdään mittatilaustyönä. Taulukossa 19 on esitettynä valaisimien tuottamat kustannukset.

TAULUKKO 19. Valaisimien hankintakustannukset

| Valaisin | Määrä | Hinta €/kpl | Kustannus |
|---|---|---|---|
| SCANFLOOD 150W HIT RX7S SYM | 6 | 94,3 | 565,8 |
| Esperia 2x58W/V/Inox304 HF | 15 | 365 | 5475 |
| YHTEENSÄ | | | 6040,8 |

Toimituskustannukset eivät sisälly laskelmiin. Hinnat on valaisimille hankittu Rexel Oy:n internetsivustolta. Hinnastoja ei ole laskettu yhteen, sillä erikseen esitettynä on helpompi valita lopulliset saneerauskohteet, joita tullaan käyttämään.

# 7 POHDINTA

Työn tarkoituksena oli suunnitella ja mitoittaa toimiva ja uudenmukainen sähkösuunnitelma sementtivalimolle. Betonimassaa sekoittava moottori kykenee taajuusmuuttajan avulla tuottamaan riittävän vääntömomentin, kun moottori käynnistetään maksimikuormalla. Taajuusmuuttajan mitoituksessa huomattiin, että pääliittymän koko kasvaa helposti, kuten tässä työssäkin se nousi 3x35 A:sta 3x50 A:n.

Saneeraussuunnitelma vaatii hyvin paljon aikaa ja vanhaan laitteistoon perehtymistä. Työssä huomasin kuinka tärkeä osa on tieto siitä missä eri laitteet sijaitsevat ja minkälaiset ovat niiden käyttötavat. Lähtökohtaisesti saneeraussuunnitelmaa tehtäessä tulisi selvittää mahdollisimman tarkasti kaikki lähtötiedot ja käyttötavat.

Suunnitelmaa tehtäessä työntilaajan kanssa täytyi olla tiiviisti yhteydessä, jotta suunnitelma ja hinta-arvio saataisiin heille mieleiseksi. Suunnitelma on mielestäni onnistunut, sillä siinä toteutui lähtökohtaisten ongelmien kustannustehokas ratkaisu sekä samaan työhön sisällytetyt muut työmukavuutta ja -turvallisuutta kohentavat toiveet.

**LÄHTEET**

ABB:n TTT-käsikirja 2000-07

Tekninen opas nro 7. Sähkökäytön mitoitus. ABB Oy. Viitattu 20.1.2014

Korpinen, 10.2.4 Moottorin käynnistäminen.
http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/10sahkokoneet_1osa.pdf,

BU/Vakiomoottorit FI 10–2004. ABB Oy. Viitattu 18.3.2014.
http://auser09.onet.tehonetti.fi/data/attachments/M2000_vakiomoottorit.pdf

100 HVAC-taajuusmuuttajat asennusopas. Vacon. Viitattu 28.3.2014.
http://www.vacon.com/ImageVaultFiles/id_4796/cf_2/Vacon-100-HVAC-Installation-Manual-DPD00504G-FI.PDF

Käyttöohje NXS/P-taajuusmuuttajat. Vacon. Viitattu 18.3.2014.
http://www.vem.fi/userData/vem/downloads/vacon/ohjeet/Vacon_NX_kayttoohje_fi.pdf

ACS550-017UI-käyttöopas. ABB Oy. Viitattu 18.3.2014.
http://www05.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/23ed3ab564129d4dc1257682005905b6/$file/FI_ACS550-01U1_UM_0.75_to_160_kW_G_screen.pdf

Sähköhinnasto 1.4.2012.2012. Leppäkosken Sähkö Oy. Viitattu 28.3.2014.
http://www.leppakoski.fi/getfile.php?file=703

SFS-EN-12464-1. Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. Osa 1: Sisätilojen työkohteiden valaistus. 2. painos, 2010. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

KK-Sähkötukku Oy. Viitattu 28.3.2014.
http://www.kk-sahkotukku.fi/

D1-2012 Käsikirja rakennusten sähköasennuksissa. 20. painos, 2012. Espoo: Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry

SFS–Käsikirja 600. Pienjännitesähköasennukset ja sähkötyöturvallisuus, 1. painos 2007. Helsinki:Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

SFS–Käsikirja 600. Pienjännitesähköasennukset ja sähkötyöturvallisuus, 4. painos 2012. Helsinki:Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

ST 53.25 Ohjeita vikasuojauksesta enintään 1000 V:n TN-järjestelmässä. 2012

Kennokeskusjärjestelmä. POK Group. Viitattu 2.4.2014.
http://www.pok.fi/products.php?catid=39

Hinnasto. SLO Oy. Viitattu 4.3.2014.
http://www.slo.fi/www/fi/Sivut/default.aspx

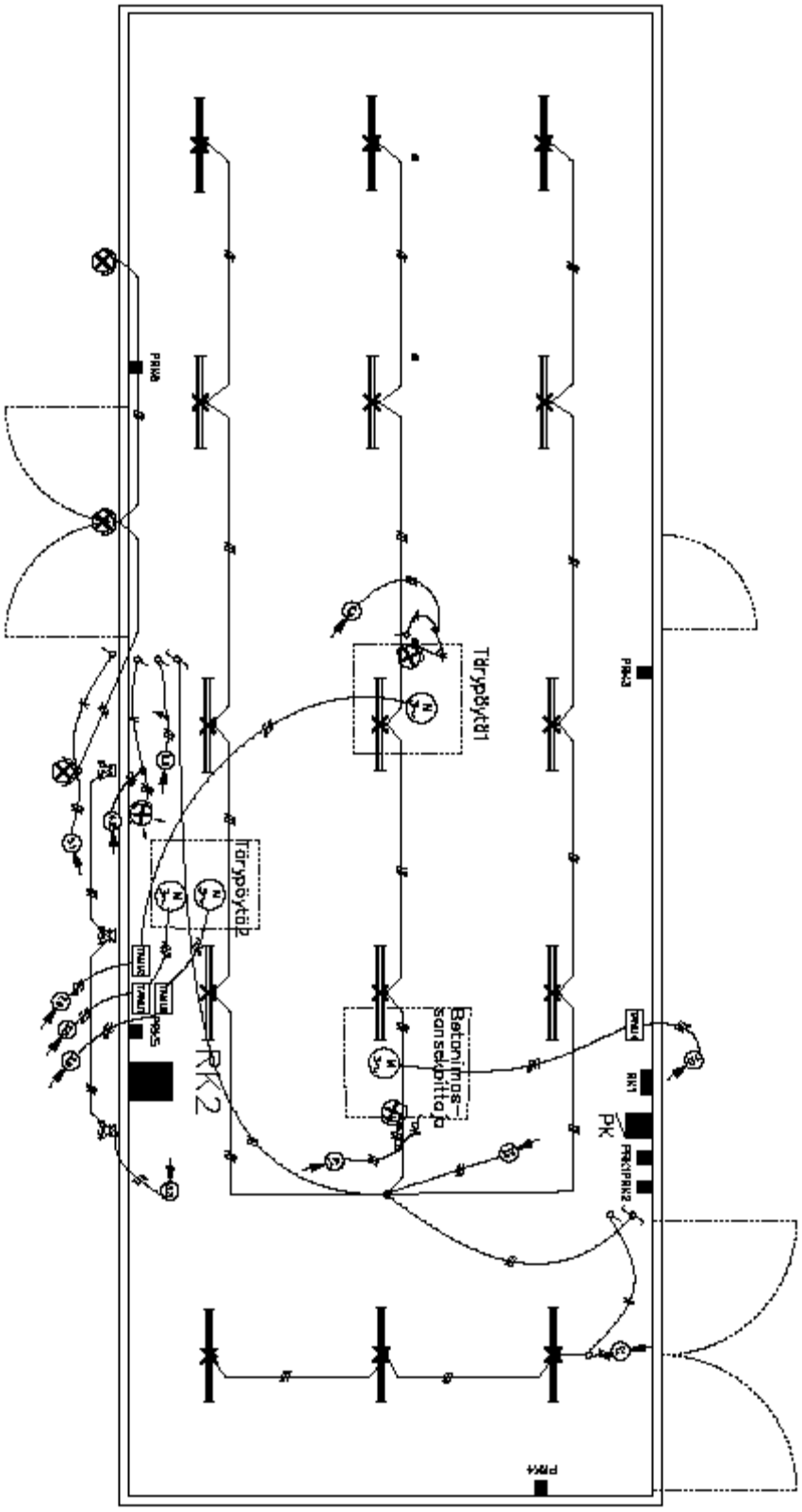
Hinnasto. Taloon.com. Viitattu 3.4.2014.
www.taloon.com

Hinnasto. Finnparttia Oy. Viitattu 3.4.2014.
http://www.finnparttia.fi/sisalto/hinnasto.htm

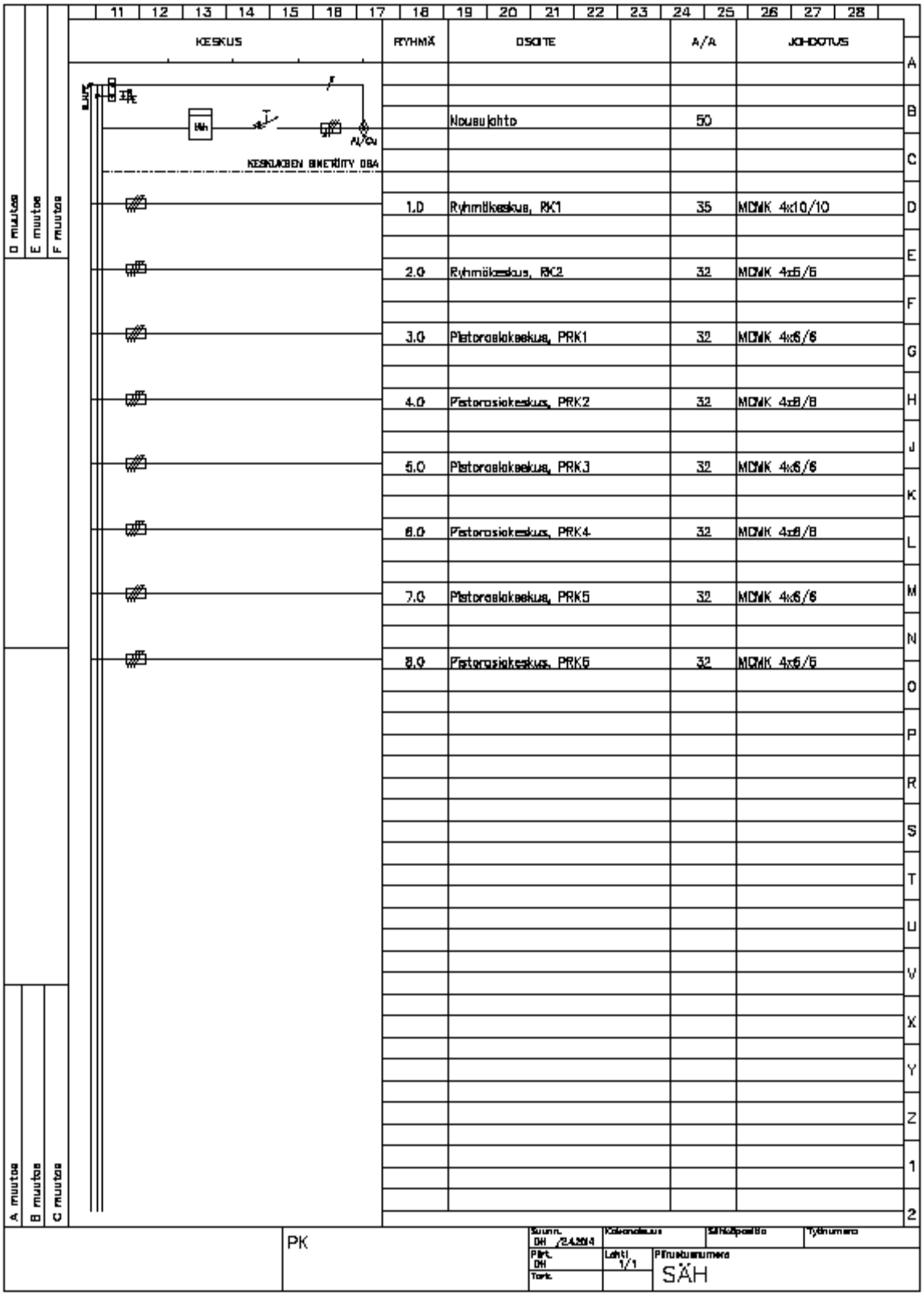
Hinnasto. Kokkolan Sähkö ja Automaatio oy. Viitattu 3.4.2014
http://www.ksaoy.fi/

**LIITTEET**

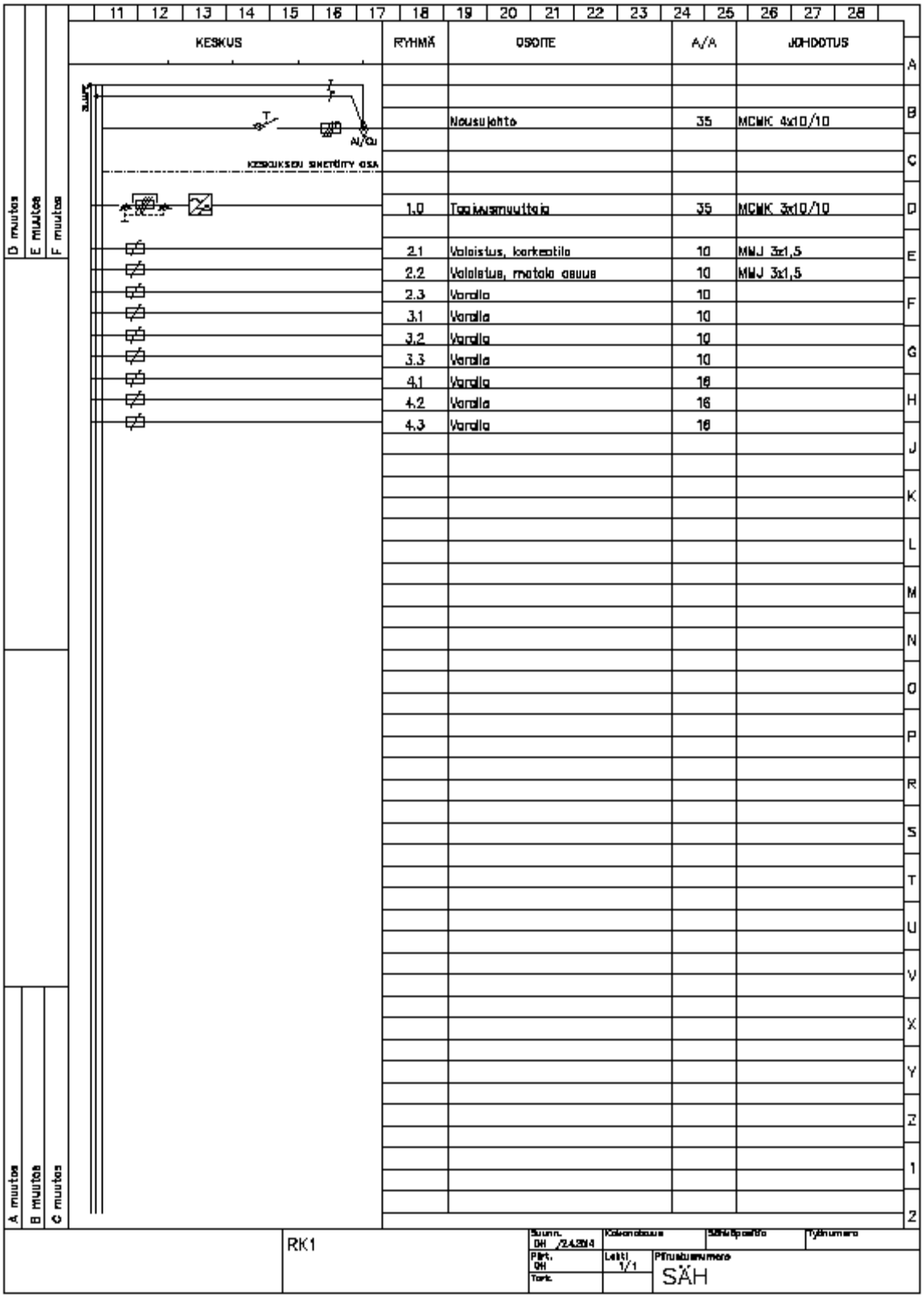
Liite 1. Sementtivalimon päärakennuksen tasokuva



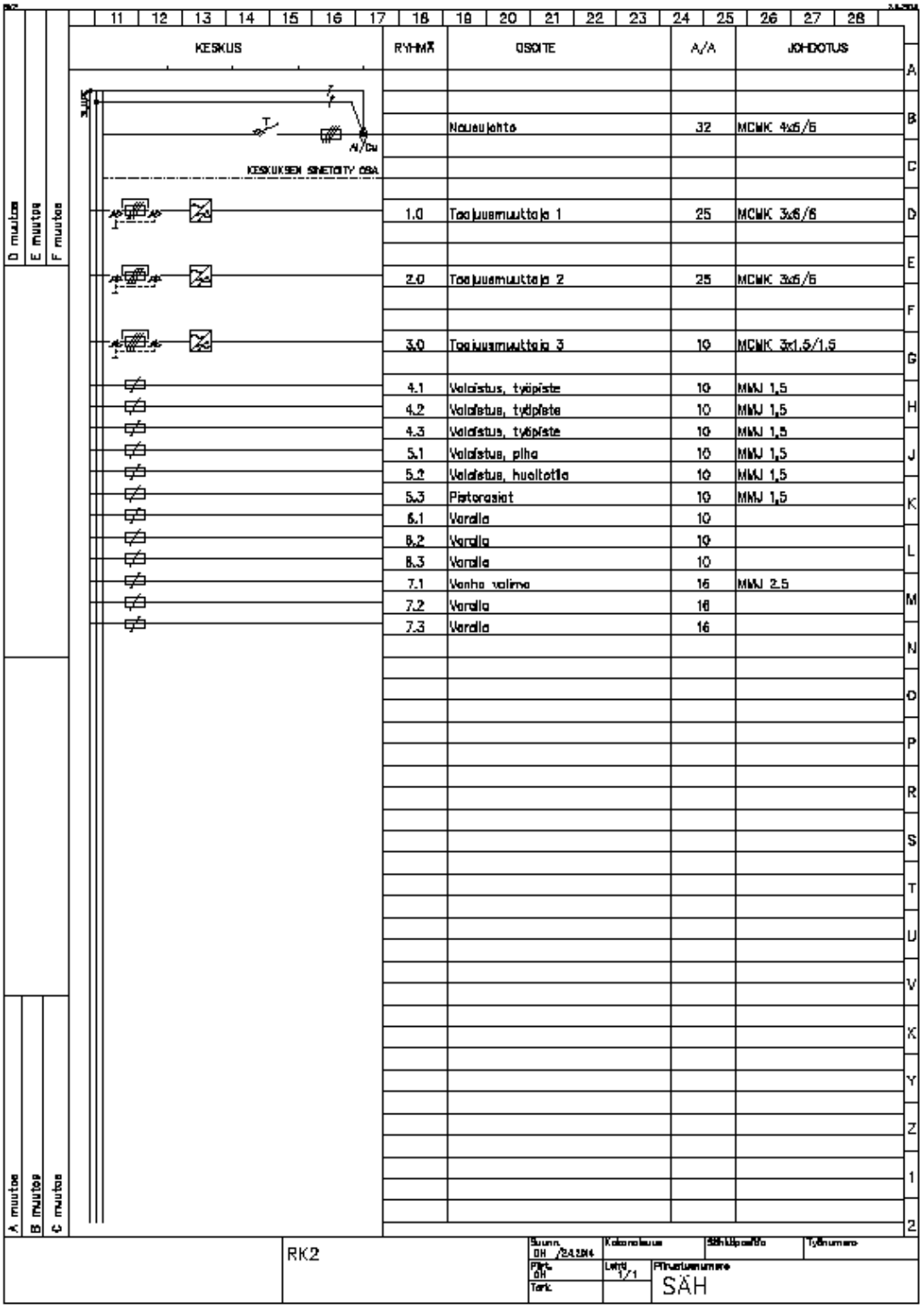
Liite 2. Pääkeskuksen keskuskaavio



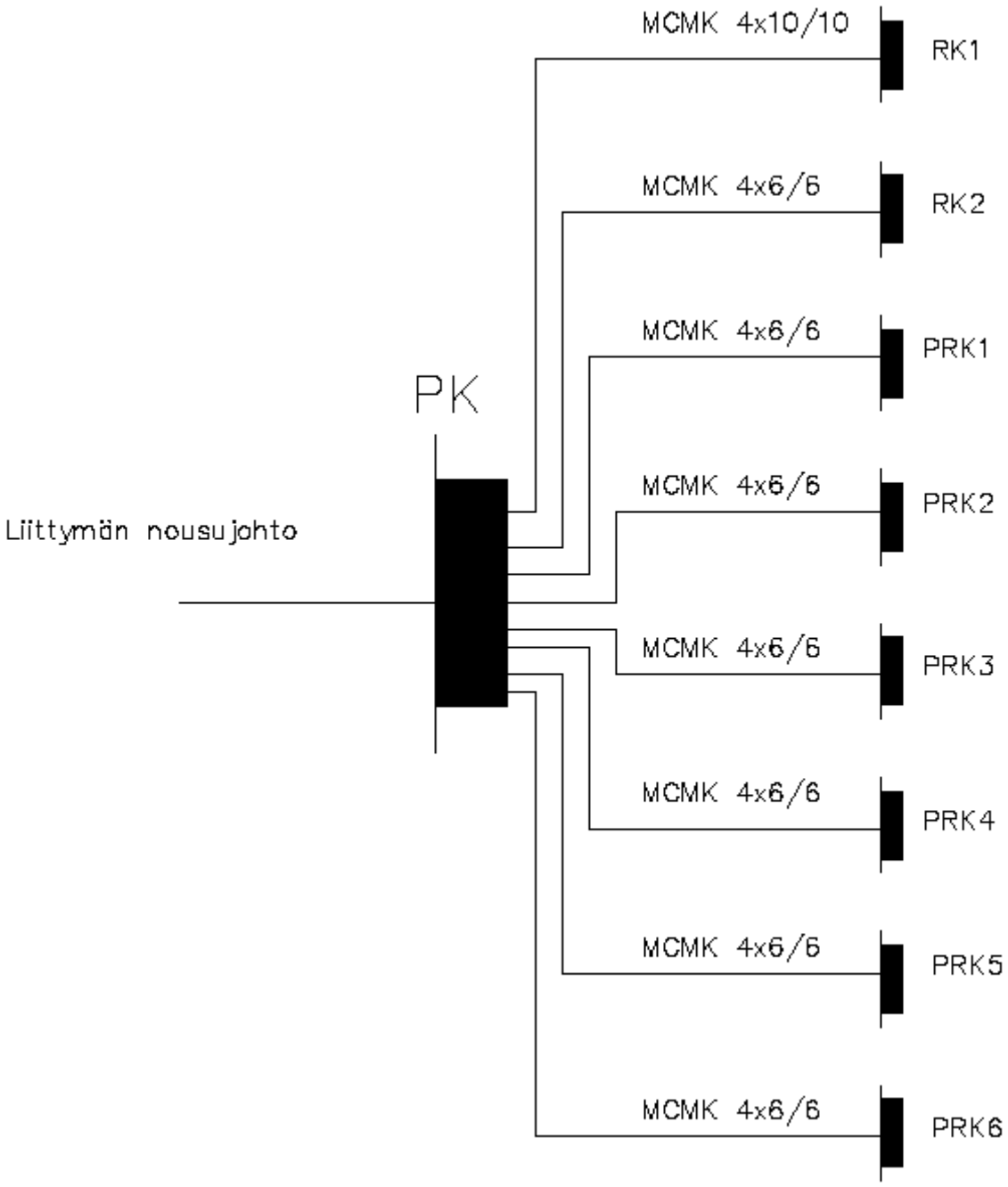
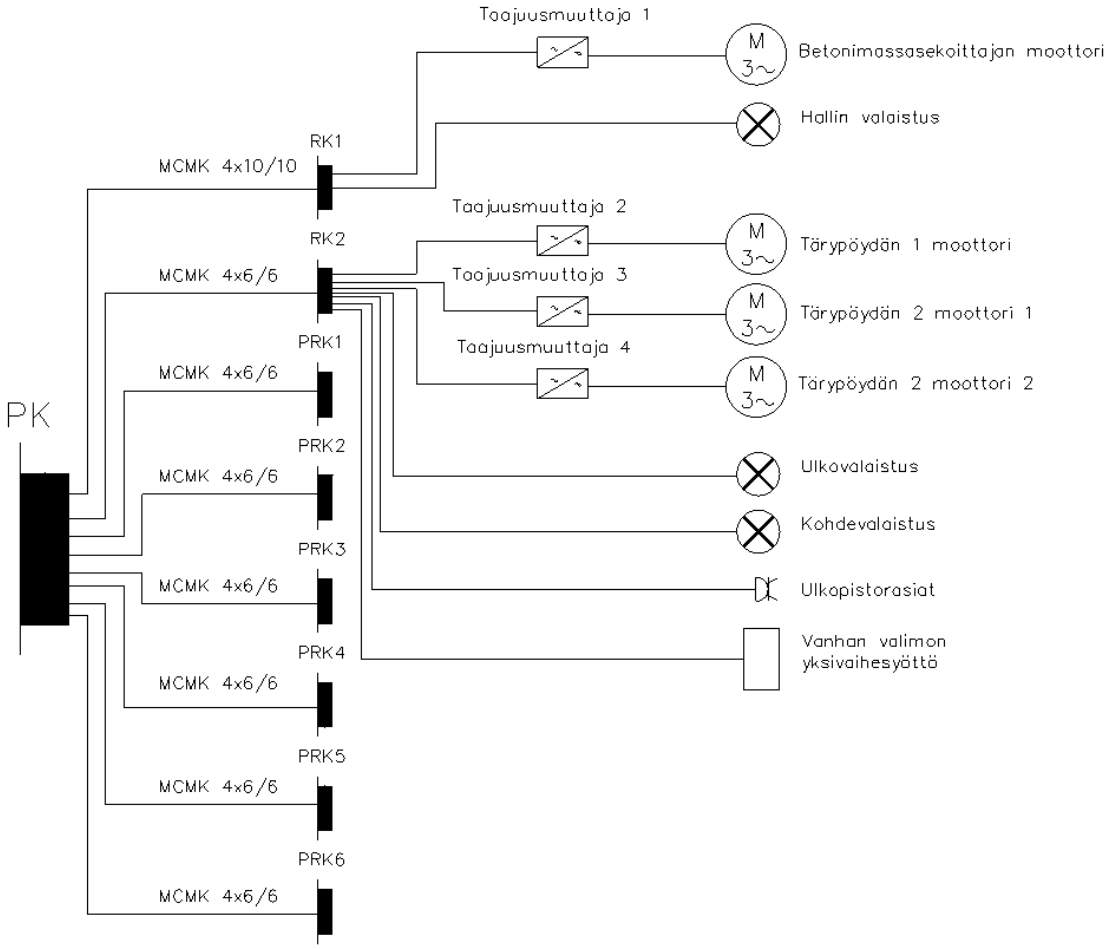
Liite 3. Ryhmäkeskuksen RK1 keskuskaavio



Liite 4. Ryhmäkeskuksen RK2 keskuskaavio



Liite 5. Nousujohtokaavio



Liite 6. Pääpiirikaavio