



# jamk

## Paperikoneen toiminnallisen valaistuksen suunnittelu

Harri Paananen

Opinnäytetyö, AMK

Joulukuu 2022

Tekniikan ala

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

**Paananen, Harri**

## **Paperikoneen toiminnallisen valaistuksen suunnittelu**

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Joulukuu 2022, 66 sivua.

Tekniikan ala. Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: Suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: Kyllä

### **Tiivistelmä**

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Valmet Technologies Oy. Valmetin tarjoamiin tuotteisiin kuuluu tuotenimi Brand Illumination, jonka yksi tarkoitus on lisätä visuaalista näköä paperikoneille. Opinnäytetyön aihe paperikoneen toiminnallisen valaistuksen suunnittelu, kuuluu Brand Illumination tuotteeseen. Toiminnallisen valaistuksen avulla voidaan lisätä visuaalista havainnollisuutta paperikoneen prosessi tilan kerrontaan sekä saada ohjautuvuutta paperikoneen operaattoreille. Toiminnallisiin valoihin kuuluu, värillisten RGBW led-nauhojen sekä työvalojen on/off ohjaus. Toiminnallisten valojen ohjaaminen tapahtuu Valmet DNA-järjestelmän kautta. Opinnäytetyön kehittämistehtäviin kuului HW-sähkösuunnittelu toiminnallisille valoille, teknisen tiedon kerääminen ja projektorin käytön selvittäminen paperikone ympäristössä.

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä HW-sähkösuunnittelu ja dokumentit toimeksiantajalla käytössä olevaan tietokantapohjaiseen Cadmatic Electrical suunnitteluohjelmaan. Toiminnallisten valojen HW-sähkösuunnittelu tuli toteuttaa siten, että tuloksena syntyy teolliseen ympäristöön soveltuvat led-nauhojen sekä työvalojen ohjauskonseptit Valmet DNA-järjestelmällä. Ohjauskonseptit tuli olla muokattavissa ja kopioitavissa muihin projekteihin. Tavoitteena opinnäytetyössä oli myös kerätä tietoperustaan teknistä tietoa liittyen valaistuksen suunnitteluun sekä selvittää projektorin käytön mahdollisuutta paperikone ympäristössä.

Opinnäytetyö toteutettiin tutkimuksellisenä kehittämistyönä. Tietoperustaan kerättiin tietoa led-valaistuksen suunnittelua varten. Led-nauhojen ohjauksen osalta HW-sähkösuunnittelun taustana oli toimeksiantajan alihankinta teettämä prototyyppi. Työvalojen ohjauksille oli HW-sähkösuunnittelu suunniteltava alusta. HW-sähkösuunnittelu toteutettiin ottaen huomioon paperikone ympäristön asettamat vaatimukset.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi paperikone ympäristöön soveltuvat led-nauhojen ja työvalojen ohjauskonseptit Valmet DNA-järjestelmällä. Opinnäytetyön tavoitteista, projektorin käytön selvittäminen oli ainoa, joka jäi opinnäytetyöstä aikataulun takia pois. Opinnäytetyössä nousi esille johtopäätöksiä toiminnalliseen valaistukseen liittyen sekä toiminnallisen valaistuksen kehittämisen seuraavasta vaiheesta.

### **Avainsanat (asiasanat)**

Led-ohjain, Valmet DNA, Led-tekniikka, PWM, CCR

### **Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)**

-

**Paananen Harri**

### **The design of the functional lighting of the paper machine**

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, December 2022, 66 pages

Engineering and technology. Degree Programme in Electrical and Automation Technology. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

### **Abstract**

The thesis was commissioned by Valmet Technologies Oy. One of the products that Valmet provides is product name Brand Illumination. One of the meanings in this product is to make paper machines more visualized. Subject of the thesis is one part of the Brand illumination product. With functional lighting there is possibility to have more visually information about the state of the paper machine process to the machine operators. Functional lighting includes controlling the colors of the RGBW led strips and on/off controlling for the working lights. The controlling of the functional lights is coming from the Valmet DNA system. The thesis assignment was to make HW electrical design for the functional lights, collect technical information and research the possibility of using projector in a paper machine environment.

The object of the thesis was to create HW electrical designing documents into the database-based design program named Cadmatic Electrical. The idea of the functional light concept and the HW electrical design was to be suitable for the industrial environment. The concept includes controlling from the Valmet DNA system to the color RGRW led strips and for the working lights. The concept was to be designed so that it can be modified and copied to the other projects. One of the objects was also to collect technical information for the light design and research the possibility of using projector in a paper machine environment.

The research method of the thesis was a research and development work. Theoretical basis was made to help light design. The basic idea for the led strip controlling is from the prototype that employer had been order from the subcontractor. Controlling of the working lights there was no basic idea that's why the design was made from the beginning. All the HW electrical design was made so that it is suitable for the paper machine environment.

As a result of the thesis there is two different concepts of controlling functional lights from the Valmet DNA system. Controlling for the colors RGBW led stripes and controlling for the working lights. The schedule was too tight for the research of the projector using in paper machine environment. That's why it was decided to leave it away, so that the thesis can be made in time. Conclusions emerged in the thesis regarding functional lighting and the next phase of the development of functional lighting.

### **Keywords/tags (subjects)**

Led driver, Valmet DNA, Led technology, PWM, CCR

### **Miscellaneous (Confidential information)**

-

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto .....</b>	<b>4</b>
1.1	Tausta ja lähtökohdat.....	4
1.2	Tutkimusasetelma .....	4
1.3	Valmet Oyj.....	5
<b>2</b>	<b>Paperin valmistusprosessi lyhyesti .....</b>	<b>7</b>
2.1	Paperimassa .....	7
2.2	Paperikoneen märkääpää .....	7
<b>3</b>	<b>Valmet DNA-järjestelmä .....</b>	<b>8</b>
3.1	Yleistä .....	8
3.2	Verkkoarkkitehtuuri .....	8
3.3	Käyttöliittymä.....	9
<b>4</b>	<b>Led-tekniikka .....</b>	<b>11</b>
4.1	Yleistä .....	11
4.2	Led-ominaiskäyrä .....	13
4.3	Led-valonohjaimet .....	14
4.4	Led värisävyt.....	18
<b>5</b>	<b>Valaistuksen ohjausprotokollia .....</b>	<b>20</b>
5.1	Dali.....	20
5.2	Dmx .....	20
5.3	0/1-10V järjestelmä.....	22
<b>6</b>	<b>Työn toteutus .....</b>	<b>26</b>
6.1	Lähtötilanteen kartoitus.....	26
6.2	Kehittämistyön tarkoitus.....	30
6.3	Työn eteneminen .....	31
6.3.1	Alkupalaveri .....	31
6.3.2	Suunnitteluohjelma .....	32
6.3.3	Led-nauhojen ohjauksille piirikaavio ja layout-mallinnus .....	35
6.3.4	Työvalojen ohjauksille piirikaavio ja layout-mallinnus .....	44
6.4	Tulokset .....	52
<b>7</b>	<b>Pohdinta.....</b>	<b>54</b>
	<b>Lähteet .....</b>	<b>56</b>
	<b>Liitteet .....</b>	<b>59</b>
	Liite 1. Kotelon 4952EB050 raportin etulehti .....	59

Liite 2. KytKentärasian 4952JB050 raportin etulehti.....	60
Liite 3. Kotelon 4952EB051 raportin etulehti .....	61
Liite 4. Käsinohjauskotelon 4952CB051 raportin etulehti .....	62
Liite 5. Valaisimien osaluettelo 4952FDG204 .....	63

## Kuviot

Kuvio 1. Valmet maantieteelliset alueet.....	6
Kuvio 2. Vuoden 2021 liikevaihdon jakautuminen .....	6
Kuvio 3. Paperikoneprosessi .....	7
Kuvio 4. Valmet DNA arkkitehtuuri.....	8
Kuvio 5. Verkkolaitteita.....	9
Kuvio 6. Valmet DNA valvomo käyttöliittymä.....	9
Kuvio 7. Valvomotasot Valmet DNA .....	10
Kuvio 8. ACN PO ja ACN WS .....	10
Kuvio 9. Led- diodi perusrakenne .....	11
Kuvio 10. Led ominaiskäyrä .....	13
Kuvio 11. Led ohjaimen periaate .....	14
Kuvio 12. Led polttimo .....	14
Kuvio 13. Erillinen 1/0-10V protokollan led ohjain.....	15
Kuvio 14. Led-nauhan kytkennän rakenne .....	16
Kuvio 15. Virtaohjattavan led valon kytkentä.....	17
Kuvio 16. RGB- led komponentti.....	18
Kuvio 17. RGBW- led-komponentti.....	18
Kuvio 18. RGB värikartta .....	19
Kuvio 19. Säädettävän led-valonohjaimen peruseriaate.....	22
Kuvio 20. PWM Pulssijakso .....	23
Kuvio 21. PWM pulssijakso ja taajuus.....	23
Kuvio 22. Vakiovirtaohjatun led-valon himmennuksen käyrä .....	25
Kuvio 23. Brand illumination -havainnekuva .....	26
Kuvio 24. Valmet ACN I/O AO4H.....	27
Kuvio 25. Järjestelmäkaapin ACN I/O asennus .....	28
Kuvio 26. Valmet ACN I/O M80 DO8P.....	29
Kuvio 27. Valmet ACN I/O M80 DI8P .....	29
Kuvio 28. Cadmatic DM.....	32

Kuvio 29. Cadmatic DB .....	33
Kuvio 30. Cadmatic Draw .....	34
Kuvio 31. Led-nauhojen ohjauksen prototyyppi .....	35
Kuvio 32. Led-nauhojen valonohjain.....	36
Kuvio 33. 4952EC-007 piirin laitetiedot ja location-tiedot .....	37
Kuvio 34. Mallinnettu Led- valonohjain .....	38
Kuvio 35. Kotelo 4952EB050 jännitteenjako.....	40
Kuvio 36. Led-nauha ohjauksen piirikaavio .....	41
Kuvio 37. Virta/jännitemuuntimen liitännät.....	42
Kuvio 38. Kotelon layout 4952EB050.....	43
Kuvio 39. 4952EC-008 piirin laite- ja location-tiedot .....	45
Kuvio 40. Kotelon 4952EB051 jännitteenjako .....	46
Kuvio 41. Uuden laitteen lisääminen DB-tietokantaan. ....	47
Kuvio 42. Työvalojen ohjauksen piirikaavio .....	48
Kuvio 43. Työvalojen käsinohjauksen piirikaavio.....	49
Kuvio 44. Tekstisymbolin liittäminen .....	50
Kuvio 45. Kotelon layout 4952EB051.....	51

# 1 Johdanto

## 1.1 Tausta ja lähtökohdat

Paperikoneet ovat jatkuvan kehityksen kohteena. Toimeksiantajalla Valmet Technologies Oy:llä on halu kehittää asiakkailleen tarjoamia palveluita eteenpäin. Yksi toimeksiantajan tarjoamista tuotteista on Brand Illumination. Tämän tuotteen yhtenä osana on toiminnallinen valaistus, jonka avulla voidaan parantaa visuaalisella tavalla paperikoneen prosessin tilasta kertovaa informaatiota konetta käyttäville operaattoreille. Toiminnallisella valaistuksella asiakas voi myös parantaa oman brändinsä imagoa omille asiakkailleen.

Toimeksiantaja on lähtenyt kehittämään toiminnallista valaistusta löytääkseen teolliseen ympäristöön sopivan ratkaisun. Toimeksiantaja on teettänyt alihankintana prototyypin värillisten led-nauhojen ohjaamiseksi toiminnalliseen valaistukseen liittyen. Prototyypin ideaan perustuen, toimeksiantajalla oli tarve lähteä kehittämään prototyyppiä teollisempaan muotoon sekä saada HW-sähkösuunnittelun dokumentit toimeksiantajalla käytössä olevaan tietokantapohjaiseen suunnitteluohjelmaan. Prototyyppiin liittyvän kehitystyön lisäksi, oli tarve kehittää myös työvaloille toiminnallisen valaistuksen HW-sähkösuunnittelu. Toiminnallisten valaistuksien ohjaukset oli tarkoitus tapahtua Valmet DNA-järjestelmän kautta. Opinnäytetyössä kehitettiin teknisiä valmiuksia toiminnallisten valaistuksien toteuttamiseksi. Valaistusten toiminnallisuuden ohjelmointi Valmet DNA-järjestelmään ei sisältenyt tähän opinnäytetyöhön. Työssä oli tarkoitus myös selvittää projektorin käytön mahdollisuutta paperikoneympäristössä. Projektorin avulla voitaisiin jakaa haluttua informaatiota ja lisätä visuaalisuutta.

## 1.2 Tutkimusasetelma

Tutkimuksellisessa kehittämistyössä on usein tavoitteena ratkaista käytännöstä tulleita ongelmia. Tutkimuksellisella kehittämistyöllä on erilaisia lähtökohtia ja se voi lähteä alkuun esim. organisaation kehittämistarpeesta tai halusta muutokseen. Tutkimukselliselle kehittämistyölle onkin kuvaavaa, että sen tarkoitus on ratkaista käytännöstä syntyneitä ongelmia, tehdä uusia ideoita, käytäntöjä, tuotteiden tai palvelujen toteuttamista ja tuottamista varten. Tutkimuksellisessa kehittämistyössä asioita ei ainoastaan kuvailla ja selitetä, vaan asioita viedään käytännössä eteenpäin. (Ojasalo, Moilanen & Ritalahti 2015, 18–19.) Tämän opinnäytetyön tutkimusmenetelmänä on tutkimuksellinen kehittäminen.

## Opinnäytetyön tavoitteet

- Luoda toiminnallisille valaistuksille HW-sähkösuunnittelun mallidokumentaatiot.
- Kerätä teknistä tietoa valaistuksen suunnitteluun liittyen.
- Selvittää projektorin käytön mahdollisuutta paperikoneympäristössä.

## Tutkimuskysymykset

1. Miten toiminnallinen valaistus on mahdollista toteuttaa Valmet DNA-järjestelmässä?
2. Projektorin käytön mahdollisuus paperikoneympäristössä?

## 1.3 Valmet Oyj

Valmet Oyj on suomalainen teknologiayritys, jonka osakkeet löytyvät noteerattuna Nasdag Helsingin pörssistä. Yhtiön pääkonttori sijaitsee Espoossa. Yhtiöllä on teollista historiaa yli 220 vuoden ajalta. Valmet tarjoaa maailman johtavimpia ratkaisuja sekä palveluita prosessiteknologiaan, automaattioratkaisuihin sekä sellu-, paperi- ja energiateollisuudelle. Vuonna 2022 virtauksensäätöyhtiö Neles ja Valmet yhdistyivät. Tämän johdosta Valmetin tarjoamat palvelut saivat merkittävän lisäyksen virtauksensäätöratkaisuihin prosessiteollisuudessa. (Valmet yrityksenä n.d.)

Valmetin liiketoiminnat on jaettu viiteen eri maantieteelliseen alueeseen, sekä viiteen eri liiketoimintalinjaan. Maantieteellisiin alueisiin kuuluu Pohjois- Amerikka, EMEA (Eurooppa, Lähi-itä ja Afrikka), Kiina ja Aasian Tyynenmeren alue (ks. kuvio 1). Valmetilla työskentelee henkilöstöä maailmanlaajuisesti noin 17000. Alueet ovat vastuussa omalla alueellaan tapahtuvasta myynnistä, projektien toimituksista ja palveluiden tarjoamisesta. (Valmet liiketoiminnat 2022.)

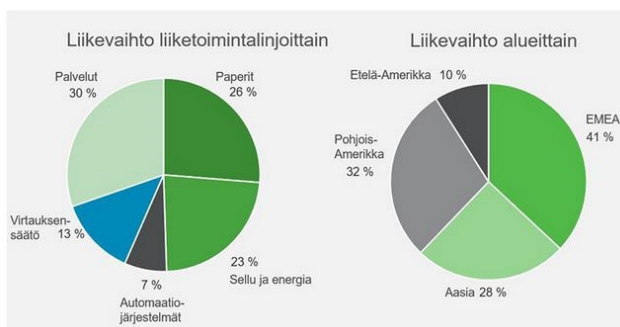




Kuvio 1. Valmet maantieteelliset alueet (Valmet liiketoiminnot 2022)

Valmetin liiketoimintalinjat koostuvat palveluiden, sellun ja energian, paperin, automaatiojärjestelmien ja virtauksensäädön toimintalinjoista (Valmet liiketoiminnot 2022). Yhtiön vuoden 2021 4,5 miljardin euron liikevaihdon jakautuminen liiketoimintalinjoittain sekä alueittain on esitetty kuviossa 2.

Yhtiön liikevaihto vuonna 2021 oli noin 4,5 miljardia euroa<sup>1</sup>.



Kuvio 2. Vuoden 2021 liikevaihdon jakautuminen (Valmet liiketoiminnot 2022)

## 2 Paperin valmistusprosessi lyhyesti

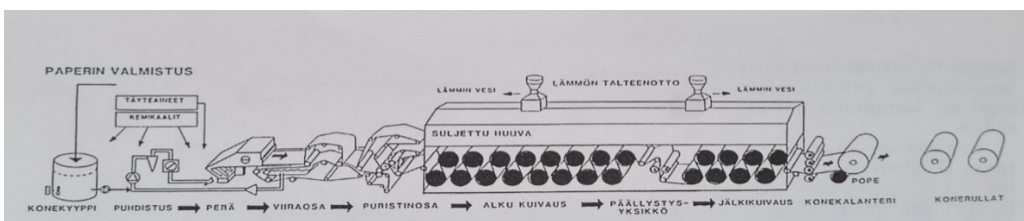
### 2.1 Paperimassa

Paperi valmistuksen raaka-aineena toimii tuoreesta puukuidusta valmistettu mekaaninen massa, sellu tai uusiomassa. Puukuidun lisäksi prosessissa tarvitaan vettä. Paperilajin mukaan lisätään paperin valmistusprosessiin erilaisia mineraalitäyteaineita, päällystyspigmenttejä sekä sideaineita. Paperimassan ajettavuuden parantamiseksi lisätään prosessiin myös erilaisia prosessikemikaaleja. Paperimassa syntyy, kun sekoitetaan sellukuidut sekä täyte- ja lisäaineet yhdeksi seokseksi, mikä sisältää yli 99 % vettä. (Grow with biofore 2015, 18–20.)

### 2.2 Paperikoneen märkää

Paperikoneen muodostaa sen pääosat, joita ovat perälaatikko, viiraosa, puristinosa, kuivatusosa, kiinnirullain ja pituusleikkuri. Paperirainan muodostus tapahtuu paperikoneen alkuosassa sijaitsevassa niin sanotussa märässä päässä. Märänpään koneeseen kuuluu perälaatikko, viiraosa ja puristinosa. Perälaatikolta tuleva paperimassa syötetään viiraosalle. Paperikoneen viira on muovilangoista kudottu matto, jonka kudosten läpi vesi pääsee poistumaan. Viiraosalla poistuu paperimassan sisältämästä vedestä noin 95 %. Viiraosalta paperiraina jatkaa puristimelle ja siitä edelleen kuivatusosalle, joissa poistetaan lisää paperimassan sisältämästä kosteudesta. (Häggbloom-Ahnger & Komulainen 2006, 16–15.)

Paperikoneen prosessia on kuvattu hyvin yksinkertaisesti kuviossa 3. Opinnäytetyössä oli tarkoitus suunnitella toiminnallinen valaistus paperikoneen viiraosalle. Viiraosa on hyvin haasteellinen ympäristö sähköisille laitteille. Viiraosa ja märänpään ympäristö on olosuhteeltaan hyvin kostea. Myös käytössä olevat kemikaalit lisäävät ympäristön haastetta.

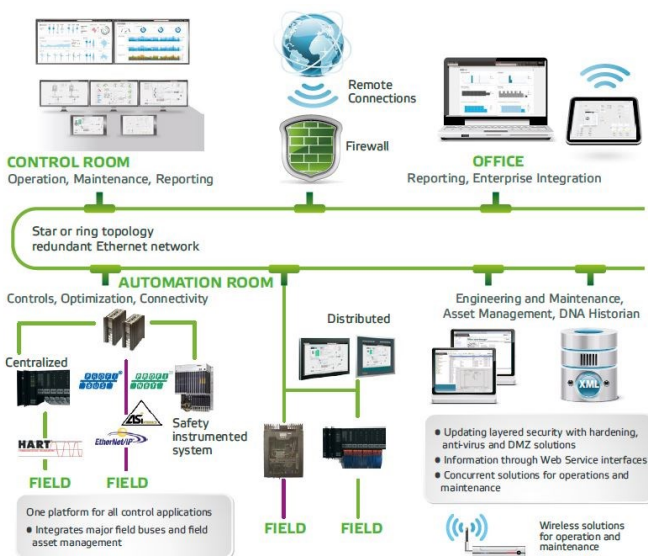


Kuvio 3. Paperikoneprosessi (Häggbloom-Ahnger & Komulainen 2006)

## 3 Valmet DNA-järjestelmä

### 3.1 Yleistä

Valmet DNA-järjestelmä tarjoaa laajasti eri teollisuuden aloille prosessin ohjaamisen automaation ja toiminta-alustan. Valmet DNA yhdistää yhdelle alustalle ohjaukset prosesseille, koneille, laadulle, valvonnalle, moottorin ohjauksille, optimoinnille ja mekaaniselle kunnonvalvonnalle. Myös turvallisuusinstrumentointi kuuluu Valmet DNA-järjestelmän tarjoamiin mahdollisuuksiin. Järjestelmän joustavuus antaa mahdollisuuden toteuttaa automaatoratkaisuja pienistä järjestelmistä aina isoihin koko tehtaan kattaviin järjestelmiin. Valmet DNA:n perusarkkitehtuuri (ks. kuvio 4) koostuu käyttöliittymästä, prosessin ohjaimista, suunnittelun ja huollon työkaluista. (Valmet DNA technical overview 2022.)



Kuvio 4. Valmet DNA arkkitehtuuri (Valmet DNA technical overview 2022)

### 3.2 Verkkoarkkitehtuuri

Valmet DNA-järjestelmän rakenne on hajautettu. Järjestelmä on jaettu eri ohjauksiin, mikä tarkoittaa, että jos yksi ohjaus pysähtyy, ei se vaikuta prosessin muihin alueisiin. Rakenne mahdollistaa myös sen, että järjestelmää voidaan jatkossa helposti laajentaa ilman aikaisempien järjestelmäosien häiriintymistä. Valmet DNA-verkkorakenteeksi suositellaan rengastopologiaa, mutta tähtitopologia on myös mahdollinen. Verkkoysteys PC-tietokoneiden ja ACN-prosessiohjainten välillä on

kahdennettu. Pääyhteys ja varayhteys käyttävät omia verkkokortteja ja kytkimiä. Valmet DNA verkossa käytettävät kytkimet (ks. kuvio 5) ovat yleensä teolliseen käyttöön tarkoitettuja ACN kytkimiä tai kaupallisia kytkimiä, joita tarjoavat Cisco, Moxa ja Westermo. (Valmet DNA technical overview 2022.)



Kuvio 5. Verkkolaitteita (Valmet DNA technical overview 2022)

### 3.3 Käyttöliittymä

Valmet DNA UI on selainpohjainen käyttöliittymä, jolla järjestelmän käyttäjä pystyy operoimaan sekä näkemään kaikki prosessin tapahtumat (ks. kuvio 6). Käyttöliittymä sisältää työkalut prosessin ohjaamisen lisäksi mm. hälytysten analysointiin, kentälaitteiden diagnostiikan ja tilan valvomiin. (Valmet DNA technical overview 2022.)



Kuvio 6. Valmet DNA valvomo käyttöliittymä (Valmet DNA technical overview 2022)

Valmet DNA UI järjestelmässä on mahdollista jakaa käyttöjärjestelmän näyttämä informaatio ja prosessiin vaikuttamisen oikeudet eri tasoille (ks. kuvio 7). Jokainen käyttäjätaso tarvitsee erilaista informaatiota riippuen tehtävätasosta.

## Valvomotasot

- Taso1 tarkastelutaso, oikeudet prosessi tietojen sekä raporttien tarkasteluun. Käytössä yleensä tehtaan tuotannon hallinnassa.
- Taso2 prosessitaso, oikeudet seurata prosessia sekä tehdä prosessiin tarvittavia muutoksia. Käytössä prosessin operaattoreilla.
- Taso3 huolto ja suunnittelutaso, oikeudet muokata parametreja, ohjelmia ja raja- arvoja. Käytössä yleensä huoltoon liittyvissä tehtävissä sekä järjestelmäsuunnittelussa. (Valmet DNA technical overview 2022.)



Kuvio 7. Valvomotasot Valmet DNA (Valmet DNA technical overview 2022)

DNA UI käyttöliittymä on asennettu teollisuustietokoneelle. Teollisuustietokoneena toimii ACN PO tai ACN WS (ks. kuvio 8). Nämä sijaitsevat yleensä valvomossa tai erillisessä serveritilassa. (Valmet DNA technical overview 2022.)



ACN PO



ACN WS

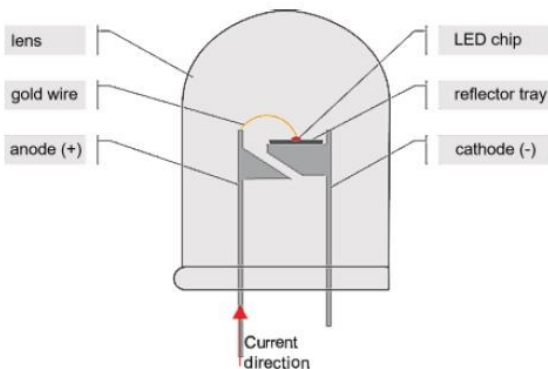
Kuvio 8. ACN PO ja ACN WS (Valmet DNA technical overview 2022)

## 4 Led-tekniikka

### 4.1 Yleistä

Tähän osioon on kerätty tietoa led-tekniikasta. Led-valaisimet ovat nykyaikaisin ja energiatehokain ratkaisu valaistuksen toteutukseen. Suunnittelun kannalta on myös tärkeää ymmärtää led valojen toiminta.

Led (light emitting diode) on valoa säteilevä diodi eli loistediodi, joka muuttaa sen läpi kulkevan sähkövirran säteileväksi valoksi. Led on puolijohde komponentti, joka sisältää pn- liitoksen. Kuten muutkin puolijohde diodit myös led sisältää sähkövirran päästö ja estosuunnan. Tämä tarkoittaa, että virta voi kulkea vai yhteen suuntaan ledissä. Led käyttää tämän vuoksi jännitteenä tasajännitettä (DC). Sähkövirta kulkee ledin läpi siinä olevasta anodi (+) navasta, katodi (–) napaan (ks. kuvio 9). (EL2564 2021, 15–17.)



Kuvio 9. Led- diodi perusrakenne (EL2564 2021)

## Tärkeitä led ominaisuuksia

### Päästövirta (If) mA

Päästövirrasta käytetään yleensä lyhennettä If. Päästövirta tarkoittaa virtaa, joka kulkee ledin läpi anodin (+) navasta katodin (-) napaan. Päästövirran maksimi arvo voi olla eri riippuen, onko led asetettu jatkuvalla virralla vai onko kyse pulssi ohjauksesta. (EL2564 2021, 17.)

### Nimellisvirta (In) mA

Nimellisvirta ilmoittaa virran määrän, mitä ei ole syytä ylittää, jos lediä ohjataan päästövirran (If) avulla. Ylisuurivirta tuottaa lämpöä, joka lyhentää ledin käyttöikää. Usein käytettyjä nimellisvirtoja ledille on 20mA, 350mA ja 1000mA. (EL2564 2021, 17.)

### Kynnysjännite (Ud) V

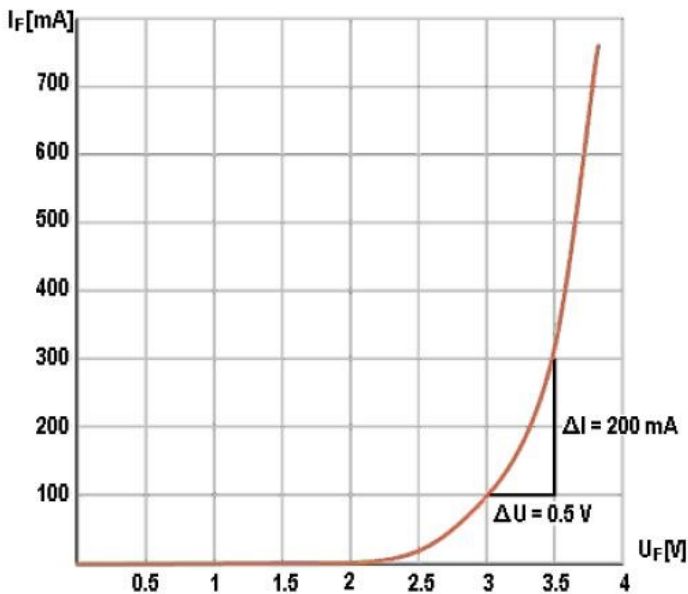
Kynnysjännite on jännitteen arvo, mikä tarvitaan, että led alkaa johtamaan virtaa. Kynnysjännitteen arvo riippuu lediin käytetyistä materiaaleista. Yleisiä kynnysjänniteitä esim. punaiselle led valolle on 1.6V ja siniselle 2.6V. (EL2564 2021, 17.)

### Myötäjännite (Uf) V

Myötäjännite ilmoittaa jännitteen määrän, joka syötetään ledin anodin navan (+) ja katodi navan (-) välillä. Myötäjännite toimii päästövirran funktiona  $U_f = I_f$ . Suhde on hyvin epälineaarinen. (EL2564 2022, 17.) Riippuvuus on selitetty tarkemmin luvussa 4.2 led-ominaiskäyrä.

## 4.2 Led-ominaiskäyrä

Ledin ominaiskäyrästä (ks. kuvio 10) nähdään, että ominaiskäyrä ei ole lineaarinen. Ledin ominaisuuksia on kynnysjännite, mikä vaaditaan, että led alkaa läpäistä sähkövirtaa. Kuvioista 10 nähdään, että myötä jännitteen arvon ( $U_f$ ) saavuttaessa noin 2.5 voltilla alkaa led johtamaan sähkövirtaa. Tämä tarkoittaa, että kynnysjännite arvo on ylitetty. Ominaiskäyrästä havaitaan ledin käyttäytyminen, kun siihen syötettävää myötäjännite arvoa kasvatetaan 3 Voltin kohdalla 0.5 voltia suuremmaksi. Päästövirran ( $I_f$ ) arvo kasvaa hyvin voimakkaasti 100 mA:sta aina 300 mA:iin asti. Pienikin jännitetason muutos saa aikaan voimakkaan muutoksen ledin läpi kulkevassa virran määrässä. Kasvanut virta lisää ledin tuottamaa valaistuksen tehoa eli valovirtaa, mutta liian suuri virran määrä tuhoaa ledin hyvin nopeasti. Tämän takia led valoja on aina ohjattava jonkinlaisella virran rajoittimella. (EL2564 2021, 18.)



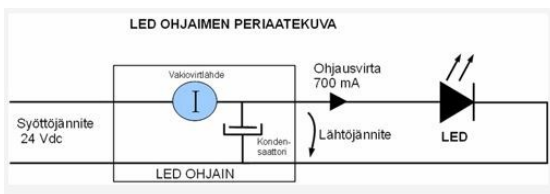
Kuvio 10. Led ominaiskäyrä (EL2564 n.d.)



### 4.3 Led-valonohjaimet

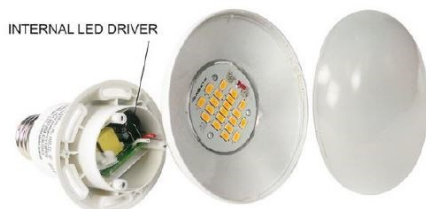
Led valonohjaimen tehtävänä on ohjata led-valolle menevän sähkövirran määrää. Ohjaimia on olemassa kahta erilaista mallia, ne ovat joko vakiojänniteohjaimia (CV) tai vakiovirtaohjaimia (CC). (Constant Voltage vs Constant Current Led Drivers 2021.)

Kuviossa 11 on esitettyä led-valonohjaimen periaate. Ohjaimelle tulee 24 Vdc:n syöttöjännite. Ohjain on tässä tapauksessa vakiovirtaohjain. Ohjain muuttaa sen sisällä olevan elektronikan avulla syöttöjännitteen vakiovirraksi. Ohjaimen tehtävä on pyrkiä pitämään lähtevän ohjausvirran arvo vakiona 700 mA:ssa, vaikka syöttöjännitteessä tapahtuisi muutos. Vakiovirran säätäminen tapahtuu muuntamalla ohjaimelta lähtevää jännitettä. (Vakiovirtaohjaus n.d.)



Kuvio 11. Led ohjaimen periaate (Vakiovirtaohjaus n.d)

Valonohjain asennetaan syöttöjännitelähteen ja led-valon väliin. Syöttöjännite riippuu led-ohjaimelle suunnitellusta syöttöjännitteen arvosta. Yleisimpiä syöttöjännitteen arvoja on 24 Vdc tasajännite tai 230 Vac vaihtojännite. Led-valonohjaimet ovat usein integroituna valoon valmiiksi. Tästä hyvä esimerkki on kotona käytettävät led-polttimot (ks. kuvio 12). Valon sisällä olevan elektronikan avulla 230V syöttöjännite muunnetaan ledeille sopivaan ohjausvirta arvoon.



Kuvio 12. Led polttimo (Understanding led drives 2014)

Led-valonohjaimia on markkinoilla myytävänä myös erillisinä laitteina (ks. kuvio 13). Tällaisia ohjaimia käytetään silloin, jos led-valossa ei ole integroitua ohjainta tai sitä ei tule erillisenä valaisimen mukana. Valaisimien tiedoista selviää, kuuluuko valoon integroitu ohjain tai onko siinä mukana erillinen ohjain. Valaisin valmistajat ovat silloin valinneet sopivan ohjaimen kyseiseen valoon. Mikäli ohjain pitää valita itse, on silloin otettava huomioon käyttääkö valaisin vakiojännite vai vakiovirtaohjausta. Ohjaimia on olemassa myös säädettäviä malleja. Säädettävien ohjaimien avulla led-valoja voidaan ohjata, kuten himmentää energian säästömielessä. Ohjain tarvitsee silloin ulkoisen ohjaussignaalin, jonka avulla valojen toimintaa säädetään. Tähän on olemassa erilaisia valaisuksen ohjausprotokollia, näistä lisää luvussa 5.

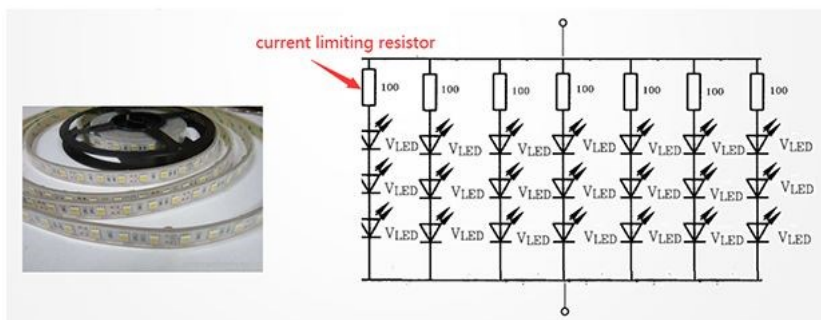


Kuvio 13. Erillinen 1/0-10V protokollan led ohjain (Led himmennin yksikanavainen Din kiskoon n.d)

## Vakiojänniteohjain (CV)

Vakiojänniteohjattavan led-valon tunnistaa sen teknisistä tiedoista. Tiedoissa on annettu käyttöjännitteeksi yleensä 12Vdc tai 24Vdc. Valolle ohjataan silloin tasajännitettä vakiojänniteohjaimen avulla. Yleisimpiä vakiojänniteohjaimella toimivia valoja ovat led-valonauhat ja led-listat. (Himentäminen yleisesti n.d.)

Led-nauhojen rakenne on suunniteltu siten, että led-komponentit on sijoitettu piiriin rinnakkain. Ledeille menevää virtaa rajoitetaan jokaisessa rinnankytkennässä omalla esivastuksella (ks. kuvio 14). Led-nauhaa on tämän rakenteen takia mahdollista lyhentää haluttuun mittaan. Rinnankytkettyjen johtimien yli vaikuttaa aina sama jännite, jolloin oikein mitoitetun etuvastuksen avulla saadaan haluttu virta kulkemaan jokaiselle led sarjalle (ks. kuvio 14). Nämä komponentit ovat led-nauhaan integroituna, joten led-nauhalle tarvitaan ainoastaan oikean jännitearvon omaava vakiojänniteohjain. (Constant Voltage vs Constant Current Led Drivers 2021.)

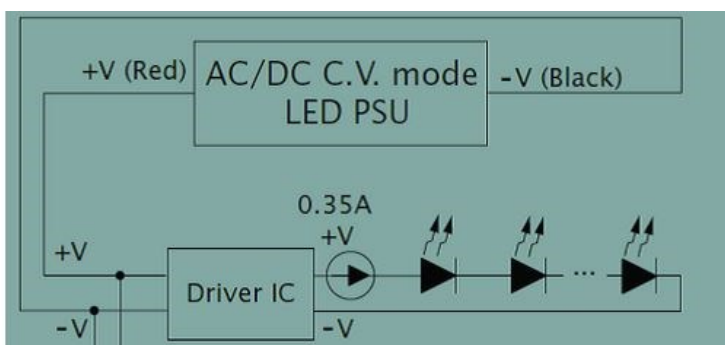


Kuvio 14. Led-nauhan kytkennän rakenne (Constant Voltage vs Constant Current Led Drivers 2021)

## Vakiovirtaohjain (CC)

Vakiovirtaohjaimella toimivan valaisimen tunnistaa valaisimen teknisissä tiedoissa ilmoitetusta ohjausvirta-arvosta. Ohjausvirran arvona tiedoissa voi olla ilmoitettuna esim. 700mA tai 1050mA. Vakiovirta ohjattavia led-valoja ei pystytä ohjamaan vakiojännitelähteellä. Yleisiä vakiovirtaohjattavia valaisimia ovat suurempi tehoiset led-valot. Näitä ovat led-paneelit, pinta- ja upposennettävät led valot. (Himentäminen yleisesti n.d)

Vakiovirtaohjaimella ohjattavissa valaisimissa ledit ovat kytkettynä sarjaan ilman etuvastusta (ks. kuvio 15). Kytkentärakenteessa jokaisen led-komponentin läpi kulkee sama vakiovirta. Ohjain mittaa piirissä kulkevaa jännitteen arvoa ja muuntaa lähtevää jännitetasoa pitääkseen virran arvon vakiona. Tätä rakennetta käytetään usein siksi, että se mahdollistaa tarkemman sähkövirran ohjauksen tehokkaammille led-valoille. (Constant voltage or constant current led driver n.d.)



Kuvio 15. Virtaohjattavan led valon kytkentä (Constant voltage or constant current led driver n.d)

#### 4.4 Led värisävyt

Värisävy, jolla led palaa, riippuu siihen käytetyistä materiaaleista. Yleisimmät päävärit ovat punainen (R), vihreä (G) ja sininen (B). Led-komponentteja on olemassa kahta eri tyyppiä: yksiväri- sekä moniväriLED:ejä. Yksiväri-led-komponentti sisältää vain yhden värin. Yksiväri-led-komponentteja hyödyntäen on saatu aikaan monivärisiä komponentteja. Ne ovat rakenteeltaan sellaisia, joihin on rakennettu yksittäisillä ledeillä kaikki perusvärit yhteen komponenttiin. Näitä kutsutaan RGB (ks. kuvio16) tai RGBW (ks. kuvio 17) led-komponenteiksi. (EL2564 2021., 23–25.) RGBW- led komponentti eroaa RGB- komponentista ainoastaan sillä, että se sisältää kolmen perusvärin lisäksi valkoisen led- komponentin (W) tämä mahdollistaa toistaa kirkkaampaa valkoista valoa. Yhteen liitettyjen RGB tai RGBW led komponenttien avulla led valaisin valmistajat ovat jo pitkään valmistaneet RGB tai RGBW led- nauhaa sekä valaisimia, joita voidaan käyttää erilaisiin valaistus ratkaisuihin.

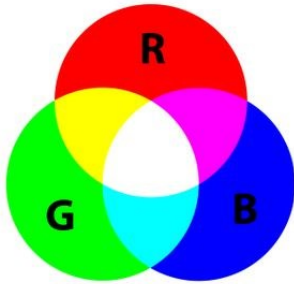


Kuvio 16. RGB- led komponentti (Tehokas RGB Led chip n.d)



Kuvio 17. RGBW- led-komponentti (Osram rgbw led- siru n.d)

Led komponenttien sisältämät perusvärit mahdollistavat sen, että led komponentin erisävyisiä ledejä ohjaamalla pystyy led-nauha tai valaisin toistamaan lähes rajattomasti eri värisävyjä (ks. kuvio18). Led komponentissa ledit ovat sijoitettu lähelle toisiaan. Tämän takia niiden palaessa, ihmisilmä ei pysty erottamaan yksittäistä led komponenttia, vaan niiden tuottama valo välittyy ihmiselle yhtenäisenä värisävyinä. (How do RGB leds work 2019.)



Kuvio 18. RGB värikartta (How do RGB leds work n.d)

Tässä työssä tavoitellaan valaistukselle toiminnallisia ominaisuuksia. Toiminnallinen ominaisuus on esim. rgbw led-nauhan värisävyillä paperikoneen prosessin tilasta kertominen. Tämän toteuttamiseksi tarvitaan led-ohjain, mitä voidaan ohjata ulkoisen ohjaussignaalin avulla. Ohjaussignaalin on tarkoitus tulla Valmet DNA-järjestelmän IO- korteilta analogisena 4–20 mA virtasignaalitietona.

## 5 Valaistuksen ohjausprotokollia

### 5.1 Dali

Dali on lyhenne sanoista Digital Addressable Lighting Interface. Järjestelmä toimii digitaalisesti ja se on standardisoitu valonohjausprotokolla. Dali-järjestelmä on kehitetty EL-liitäntälaittevalmistajien Helvar, Osram, Philips ja Tridonic toimesta. Järjestelmä vaatii jokaiselta siihen liitetyltä laitteelta, kuten Led-valaisimelta oman osoitetiedon minkä perusteella järjestelmä ohjaa valaisinta. Järjestelmään ohjattavaksi liitetyt valaisimet, kytkimet ja liiketunnistimet tarvitsevat ohjelmoinnin, joka tapahtuu seinäpaneelin, kaukosäätimen tai tietokoneohjelman kautta. Tiedonsiirto Dali-järjestelmässä tapahtuu digitaalisignaalin avulla. (Dali-standardisoitu digitaalinen valonohjausprotokolla n.d.)

Dali-järjestelmään kytkettävät laitteet, kuten Dali valaisimet ovat markkinoilla merkitty Dali-järjestelmään yhteen sopiviksi. Dali-järjestelmä on suunniteltu ensisijaisesti rakennusautomaation tarpeisiin ja vaatii erillisen tietokoneohjelman laitteiden ohjelmointiin. Valaisimia valittaessa paperikoneen toiminnalliseen valaistukseen, kannattaa varmistua, että Dali yhteensopiva valaisin on käytettävissä ilman ohjelmointia. Tähän saa tiedon valaisinvalmistajalta. Opinnäytetyössä käytetään Dali yhteensopivia valaisimia työvalojen osalta. Valaisinvalmistajalta varmistettiin, että valaisimia on mahdollista käyttää ilman Dali ohjelmointia.

### 5.2 Dmx

DMX on lyhenne sanoista Digital Multiplex. DMX on protokolla, joka perustuu RS-485-sarjaliitäntästandardiin. DMX-protokolla on kehitetty käytettäväksi teatteri- ja tapahtuma-alan, erikoisefektilaitteistojen ja älykkäiden valaisimien ohjaamiseen. (Valaistusohjelmat digitaalisella multiplexillä DMX, n.d.) DMX-järjestelmään liitetyt laitteet tarvitsevat oman osoitetiedon. Järjestelmän valoja voidaan ohjata erillisellä ohjauspaneelilla tai tietokoneella. Tiedon siirtoon laitteelta toiselle DMX käyttää pari kierrettyä datakaapelia. (Esitysvalaistusten suunnittelu- ja toteutusratkaisuja 2021.)

Toimeksiantaja on toimittanut muutamille asiakkailleen DMX-järjestelmään perustuvan valaistuksen. Valaistuksen lisääminen paperikonetoimitukseen ja sen tarjoaminen asiakkaille on lähtenyt liikkeelle Valmetin toimesta. DMX-järjestelmään perustuvalla valaistuksella löytyi asiakas, joka oli

halukas hankkimaan järjestelmän. DMX-järjestelmän yhteen sovittaminen Valmet DNA-järjestelmän kanssa osoittautui kuitenkin hankalaksi ratkaisuksi. DMX-järjestelmä on suunniteltu täysin teatteri- ja tapahtuma-alan valaistuksen ammattilaisia ajatellen. DMX-järjestelmän käyttämät laitteet, kuten valaisimet ja ohjainboxit ovat osoitteellisia ja vaativat erillisen ohjelmoinnin. Tämän takia toimitettavaan järjestelmään oli tehtävä esim. erillinen serveri tietokone, jonka kautta varsinainen DMX-järjestelmän valaistusohjelma toimii. Varsinaista toiminnallisuutta järjestelmällä ei saavutettu, koska järjestelmä ei ole toimiva ratkaisu ajatellen kommunikaatiota Valmet DNA-järjestelmän kanssa. Valmet-DNA järjestelmään saatiin rakennettua yhteys käyttäen Valmet DNA-järjestelmässä olevia DO-kortteja, näistä lähetetään on/off binäärisignaali DMX valojenohjainboxille, joka ottaa yhteyden serveri tietokoneeseen mistä sinne ohjelmoitu valaistusohjelma lähettää tiedot takaisin ohjainboxille, joka jakaa valaisimien osoitetietojen perusteella ohjelma komennot eteenpäin. Valmet DNA-järjestelmästä tulevaa binäärisignaalia ohjataan Valmet-DNA valvomonäytöllä olevilta erillisiltä valinta painikkeilta. DMX-järjestelmään perustuva valojen ohjausjärjestelmä osoittautui käyttöönotto sekä suunnitteluvaiheessa työlääksi ja hankalaksi ratkaisuksi. DMX-järjestelmällä toteutettu valaistus on myös kustannuksiltaan niin suuri, että ei voida puhua ratkaisusta toiminnallista valaistusta ajatellen.

DMX-järjestelmään perustuva ratkaisu on toimitettu myös toiselle asiakkaalle, mutta tämän toimituksen osalta valoja ohjataan ainoastaan DMX-järjestelmään liitettyllä ohjainpaneelilla, eli järjestelmä ei ole mitenkään yhteydessä Valmet DNA-järjestelmään. Molempien toimitettujen valaistusratkaisujen osalta on enemmänkin kyse asiakkaan halusta käyttää valaistusta oman brändinsä mainostamiseen. Paperikoneen prosessin tilasta kertovaan toiminnalliseen valaistukseen DMX-järjestelmällä ei saada ratkaisua.



### 5.3 0/1-10V järjestelmä

0/1–10 V protokolla on analoginen järjestelmä led-valojen himmennykseen ja ohjaukseen. 0/1–10 V järjestelmä käyttää ohjaussignaalina 0–10 V tasajännitettä. Alkujaan 0/1–10 V protokolla on kehitetty loisteputkivalaisimien himmennykseen. Vaikka nykypäivänä valaisimissa on siirrytty käyttämään led-tekniikkaa, käytetään 0/1–10 V protokollaa myös led-valojen ohjaamiseen ja himmentämiseen. (All about 0–10 V control for leds n.d.)

Säädettävän led-valonohjaimen periaate on esitetty kuviossa 19. Led-valonohjaimen tulee 0-10V ohjaussignaali sekä valaisin järjestelmän käyttöjännite. Koska ohjaussignaali on analoginen, voi se tulla käytännössä miltä tahansa 0-10V jännitettä tuottavalta laitteelta.



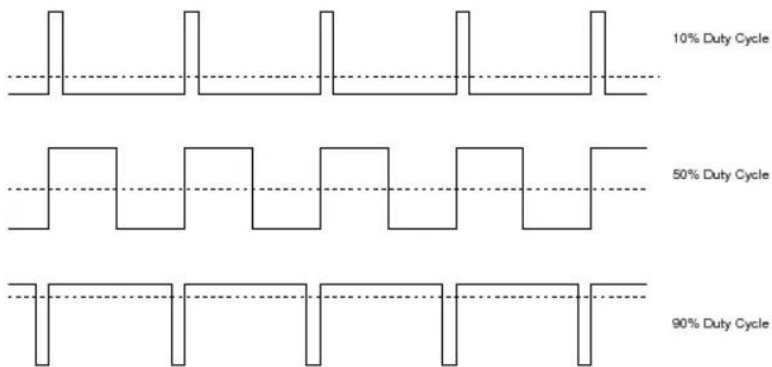
Kuvio 19. Säädettävän led-valonohjaimen peruseriaate.

#### Led-ohjainten himmennys tekniikka

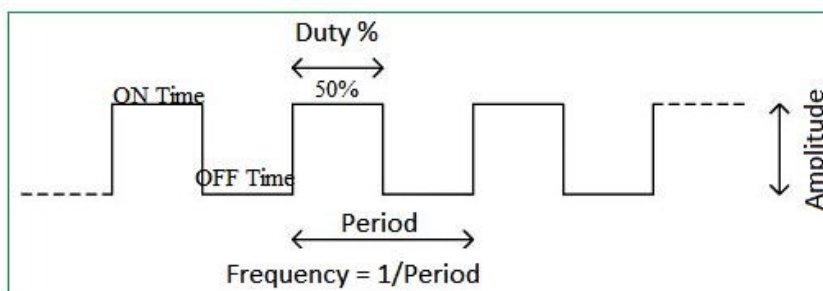
Led-valoja himmentääkseen pitää led-ohjaimen säätää led-valoille menevää keskimääräistä virtaa. Tähän on olemassa kaksi eri himmennystekniikkaa, joita led-valonohjaimet käyttävät. Tekniikoita ovat: Pulssinleveysmodulaatio, pulse width modulation (PWM) sekä Vakiovirranohjaus, constant current reduction (CCR). (How designers can use flicker-safe dimming n.d)

## Pulssinleveysmodulaatio PWM

Pulssinleveysmodulaatiossa säädetään ohjaimelta lähtevän jännitesignaalin keskimääräistä tehoa katkomalla signaalia eri pituisiin osiin (ks. kuvio20). Ohjaimelta lähtevää signaalia katkotaan nopealla taajuudella päälle/pois. Taajuuden muutos on niin nopeaa, että ihmissilmä ei pysty erottamaan yksittäisen pulssin päällä oloa. Jokainen yksittäinen pulssi tai jakso (Period) sisältää ON Time sekä OFF Time jakson (ks. kuvio 21). Toinen tärkeä asia PWM-signaalissa on sen taajuus. Taajuus määrittelee sen, kuinka nopeasti PWM-signaali suorittaa yhden jakson (ks. kuvio 21). Näitä ominaisuuksia säätämällä PWM-signaali mahdollistaa led-valojen himmentämisen. (What is dimming for led driver n.d)



Kuvio 20. PWM Pulssijakso (Pic pwm n.d)



Kuvio 21. PWM pulssijakso ja taajuus (What is dimming for led driver n.d)

Opinnäytetyössä käytettävä led-nauhojen led-valonohjain käyttää PWM-tekniikkaa. Jokaiselle led-nauhan värisävyille punainen (R), vihreä (G), sininen (B) ja valkoinen (W) on led-ohjaimessa varattuna oma ohjattava kanava. Tämä tarkoittaa, että jokaista väriä voidaan ohjata erikseen ja sen avulla saadaan led-nauha toistamaan haluttua värisävyä. Asiasta on kerrottuna aikaisemmin luvussa 4.4. Led-ohjaimen käyttämän PWM-tekniikan takia on mielestäni hyvä ottaa huomioon tai ainakin olla tietoinen muutamista asioista valittaessa PWM-ohjattaville led-nauhoille sijoituspaikka paperikoneella tai mietittäessä niiden käyttötarkoitusta.

### **Huomioitavaa PWM-ohjattavissa led-valoissa**

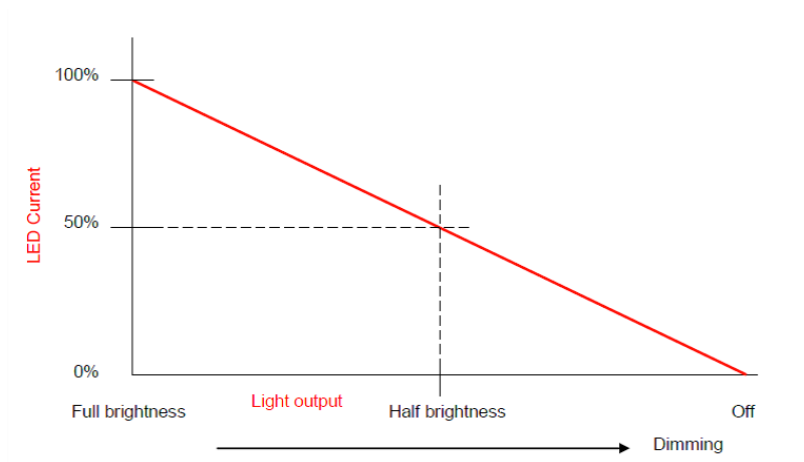
Led-nauhoja on tarkoitus ohjata käyttäen PWM-signaali led-ohjainta. Tämä tarkoittaa, että ohjattaessa led-nauhan eri värisävyjä tai himmentäessä led-valoa, PWM-signaali katkoo ohjattavia signaaleja eri taajuudella (Hz). Ihmissilmälle tämä taajuuden vaihtelu ei näy, mutta esimerkiksi paperikoneella käytettävät konenäkökamerat ovat herkkiä niiden toimintaa häiritsevälle valolle. Tämän takia PWM-ohjattuja led-nauhoja ei kannata sijoittaa lähelle konenäkökameroita.

Automaatiotuotteita valmistava yritys nimeltä Beckhoff mainitsee heidän led-valojen ohjaukseen suunnittelemiensa ja PWM-tekniikka hyödyntävien IO-korttien manuaalissa seuraavaa: Korkealla taajuudella ohjattavan valon ympäristössä on riski stroboskooppiselle efektille. Mikäli ohjattavan valon ja pyörivän koneenoson taajuus ovat samassa tahdissa, voi tämä saada aikaan stroboskooppisen ilmiön, missä pyörivä koneenosa näyttää pysähtyneeltä, vaikka todellisuudessa se pyörii. Tämä voi johtaa ihmisen virhearvioon koneenoson pyörimisestä, jonka seurauksena voi olla loukkaantuminen. (Led control with ethercat and bus terminals 2020.)

PWM-ohjauksella varustetulla RGB tai RGBW led-nauhalla on mahdollisuus toistaa valkoista valoa ja käyttää sitä työvalona sekä tarvittaessa himmentää sitä. Ympäristönä paperikone sisältää paljon erilaisia pyöriviä koneenosia, kuten paperikoneenteloja. Tämän takia PWM-ohjattuja led-valoja ei ole syytä käyttää työvaloina.

## Vakiovirran ohjaus CCR

Vakiovirranohjaus on analoginen tapa led-valon himmentämiseen. Vakiovirtaohjain säätelee sähkövirran määrää, joka johdetaan led-valoille. Vakiovirtaohjatun led-valon tuottama valonmäärä riippuu siihen ohjatun sähkövirran arvosta (ks. kuvio 22). Vakiovirtaohjauksen ongelmana on, että se ei toimi kovinkaan hyvin pienemmillä sähkövirran arvoilla, kun led-ohjain säätelee virran arvon alle led-valon nimellisvirran. Tämä aiheuttaa sen, että vakiovirralla ohjattavien led-valojen sävyssä voi tapahtua muutos. Vakiovirtaohjaus on huono vaihtoehto led-valoille, joissa on tarkoitus säätää värisävyjä. Vakiovirtaohjauksen hyvänä puolena verrattuna PWM-ohjaukseen on, että sen signaalia ei katkoka eikä se aiheuta välkyntää. Vakiovirtaohjatut valot sopivatkin konenäkö ja kameravalvonta ympäristöön paremmin. (Lightning control technologies: Dimming led lights with PWM, CCR, DALI, DMX, 0-10V n.d.)



Kuvio 22. Vakiovirtaohjatun led-valon himennyksen käyrä (What you need to know before your next design n.d)

## Johtopäätöksiä valaistusprotokollista

Tavoitteena paperikoneen toiminnallisella valaistuksella on, että valaisimien ohjaus tapahtuu Valmet DNA-järjestelmästä IO-korttien signaaleilla. Aikaisemmin esitellyistä valaistuksen ohjausprotokollista Dali ja DMX ovat digitaalisia järjestelmiä, jotka vaativat valaisimien erillisen ohjelmoinnin sekä omat järjestelmään sopivat laitteet. Dali ja DMX järjestelmiin kuuluvien valaistusten ohjaimien ja laitteiden käyttäminen ei anna ratkaisua toiminnallisen valaistuksen toteuttamiseen Valmet DNA-järjestelmään.

0/1–10 V protokolla on täysin analoginen järjestelmä. Tähän järjestelmään liittyviä valonohjain tuotteita on mahdollista hyödyntää toiminnallisen valaistuksen toteuttamiseksi Valmet DNA-järjestelmällä.

## 6 Työn toteutus

### 6.1 Lähtötilanteen kartoitus

Opinnäytetyön aihe liittyy Valmetin kehittämään Brand Illumination tuotteeseen. Tuotteen ideaan kuuluu muun muassa tarjota mahdollisuus prosessin tilasta kertomiseen toiminnallisen valaistuksen avulla. Ohjaukset valaistuksille tulevat Valmet DNA-järjestelmän kautta. Kuviossa 23 on esitetty havainnekuvalla valaistuksen ideaa. Työvaloja on sijoitettu havainnekuvasa valaisemaan hoitosiltoja. Led-nauhat on sijoitettu kulkemaan hoitosillan ja päädyssä sijaitsevan konesuojan sekä koneen reunaan pitkin.



Kuvio 23. Brand illumination -havainnekuva (Salonen 2022)

Valaistusta oli lähdetty toteuttamaan ensimmäisissä versioissa opinnäytetyössä aikaisemmin esitellyllä DMX-järjestelmällä. Tämä osoittautui kuitenkin hankalaksi vaihtoehdoksi. Toimeksiantaja oli teettänyt paremmin teolliseen toimintaan soveltuvan toiminnallisen valaistuksen prototyypin insinööritoimisto Huldilla. Prototyypillä pystytään ohjaamaan värillisiä led-nauhoja. Tämä prototyyppi toimitettiin Suomessa olevalle Valmetin asiakkaalle, samaan aikaan kun opinnäytetyön tekeminen oli meneillään. Prototyypin tarkoitus asiakkaan käytössä on kertoa visuaalisin keinoin koneita käyttäville operaattoreille prosessin tilasta esim. koneen mahdollisesta häiriöstä.

Opinnäytetyötä kirjoittaessa asennus oli saatu valmiiksi ja valaistusta päästy testaamaan. Valaistus toimi opinnäytetyön kirjoittamisen ajankohtana, kuten oli suunniteltu.

Led-nauhojen ohjaussignaali on tarkoitus lähettää käyttämällä Valmet DNA-järjestelmän Analog output AO-kortteja. AO-korttina toimii Valmetin ACN I/O M80 AO4H kortti (ks. kuvio24). AO-kortti sisältää neljä analog output lähtöä, joilla ohjataan led-nauhan eri värisävyjä.

AO4H (Analog Output Unit, 20 mA HART)  
D201190L



Kuvio 24. Valmet ACN I/O AO4H (AO4H n.d)

AO-kortit kuten myös kaikki muut IO-kortit, sijaitsevat järjestelmäkaapeissa niille varatuissa niin sanotuissa IO-räkeissä (ks. kuvio 25). Järjestelmäkaapit ovat sijoitettuna erilliseen sähkötilaan. Järjestelmäkaapista ohjaussignaali led-nauhoille on tarkoitus lähettää 4-20mA virtasignaalin avulla paperikoneen rungon lähettyvillä sijaitseviin ohjauskoteloihin, joihin led-nauhojen valonohjaimet ovat sijoitettu. 0/1–10 järjestelmän valonohjaimet käyttävät ohjaussignaalinä 0–10 V jännitesignaalia. Tämän vuoksi IO-korteilta tuleva virtasignaali on muunnettava ohjauskotelossa 0–10 V jännitesignaaliiksi. Tämä on ratkaistavissa käyttämällä automaatiotekniikassa yleisesti käytettäviä virta/jännitemuuntimia. Tätä ratkaisua on hyödynnetty toimeksiantajan alihankintana teettämän prototyypin toteutuksessa.



Kuvio 25. Järjestelmäkaapin ACN I/O asennus (ACN I/O M80 2020)

Led-nauhojen ohjauksen lisäksi opinnäytetyössä oli tarkoitus suunnitella on /off-tyyppinen valaisituksen ohjaus paperikoneella käytettäville yleistyövaloille sekä spot-tyyppisille työvaloille. Myös näiden valaisimien ohjaus tapahtuu Valmet DNA-järjestelmän kautta. Työvalaisimien osalta ei tarvita erillisiä valonohjaimia, koska valaisimissa on integroituna valonohjain ja ne ovat toiminnaltaan ainoastaan on/off tyyliä. Käyttöjännitteenä työvalot käyttävät 230V. Työvalojen ohjauksille ei ollut olemassa aikaisempaa mallia tai prototyyppiä, joten tämän osalta mallinnuksen suunnittelu aloitettiin alusta. Työvalojen osalta varsinaiset toiminnalliset ominaisuudet, joita Valmet DNA-järjestelmällä ohjattavilla työvaloilla halutaan toteuttaa ovat jatkokehityksen ja mietinnän alla. Opinnäytetyössä toteutettiin tekniset valmiudet asian toteuttamiseksi. Yksi mahdollinen ajatus on, että paperiradan katko tilanteessa työvalot syttyisivät paperiradan päänvienti paikalle ja ohjaisivat koneen operaattoreita näin oikeaan paikkaan.

Työvalojen ohjaus on paras toteuttaa Valmet DNA-järjestelmään käyttämällä kontaktori kytkentöjä. Kontaktorien päälle ja pois ohjaaminen tapahtuu Valmet DNA-järjestelmän Digital output DO-kortteja hyödyntäen. DO-korttina toimii Valmetin ACN I/O M80 DO8P kortti (ks. kuvio 26). DO-kortti sisältää kahdeksan binäärilähtöä, joten yhdellä DO-kortilla pystytään ohjaamaan kahdeksaa eri kontaktoria, joihin on mahdollista yhdistää useampia työvaloja omiksi valoryhmiksi.

**1 DO8P (Digital Output Unit, PNP) D201129L**

Kuvio 26. Valmet ACN I/O M80 DO8P (DO8P n.d)

Työvaloja on tarve käyttää myös manuaalisesti. Tämän takia työvaloille oli suunniteltava oma ohjainboxi mistä valot saadaan tarvittaessa käsin päälle. Työvalojen käsin päälle ohjaaminen tapahtuu Valmet DNA-järjestelmän Digital input DI-kortteja hyödyntäen. DI-korttina toimii Valmetin ACN I/O M80 DI8P kortti (ks. kuvio 27). Valoryhmien painonapit ovat yhdistettynä DI-kortin binääri input kanaviin. DI-kortti sisältää kahdeksan binääri input kanavaa, joten yhdellä DI-kortilla voidaan ohjata kahdeksan eri valoryhmän valoja. DI-kortin binääri input signaali on suunniteltu ohjelmallisesti käytettäväksi siten, että Valmet DNA ohjelmoidaan ohjaamaan samat kontaktorit päälle mitä valaistukseen liittyvät DO-kortit ohjaavat. Vaikka tässä opinnäytetyössä ei toteuteta Valmet DNA ohjelman SW-suunnittelua on ohjelmallisia asioita kuitenkin mietittävä, kun HW-suunnittelua toteutetaan.

**1 DI8P (Digital Input Unit, PNP) D201126L**

Kuvio 27. Valmet ACN I/O M80 DI8P (DI8P n.d)



## 6.2 Kehittämistyön tarkoitus

Toimeksiantajalla on halu kehittää toimittamiaan paperikoneita myös visuaalisissa asioissa eteenpäin. Brand Illumination on osa tätä. Toiminnallisen valaistuksen osalta oli kokeiltu eri järjestelmiä ja toimitettu kokoluokaltaan pieni prototyyppi asiakkaalle. Toimeksiantajalla oli tarve lähteä kehittämään tätä prototyyppiä isompaan mittakaavaan ja paremmin paperikone ympäristöön sopivaksi. Tämän lisäksi kehittämistyössä oli tarkoitus tehdä valmiudet myös työvalojen ohjaukselle. Kehittämistyössä oli tarkoitus myös kerätä teknistä tietoa liittyen valaistuksen suunnitteluun.

Prototyyppi oli tehty alihankinnassa, eikä siitä ollut olemassa minkäänlaisia sähkösuunnittelun dokumentteja Valmetin käyttämässä tietokantapohjaisessa Cadmatic suunnitteluohjelmassa. Insinööri toimisto Huld oli tehnyt suunnittelunsa heillä käytössä olevilla suunnitteluohjelmillaan, näitä dokumentteja ei opinnäytetyössä ollut käytettävänä. Toimeksiantajan isoin tarve opinnäytetyössä tehtävälle kehittämistyölle oli, että toiminnalliselle valaistukselle suunniteltaisiin valmis HW-suunnittelun konsepti sekä dokumentit siitä Cadmatic-tietokantaan. Tämä tarkoitti sähköpiirikaavien, kotelolayout kuvien suunnittelutyön, sekä suunnitteluohjelmaan liittyvän tietokannan päivittämistä. Näiden valmiiden dokumenttien avulla voitaisiin lähteä kehittämään toiminnallista valaistusta eteenpäin, asiakkaille tarjottavaan muotoon. Varsinaisen suunnittelutyön valmistuttua oli tarkoitus, että kasassa olisi dokumentaatio, jolla voidaan lähteä kysymään kotelovalmistajilta tarjouksia, varusteltujen koteloiden kustannuksista.

## 6.3 Työn eteneminen

### 6.3.1 Alkupalaveri

Opinnäytetyön toteutusvaihe lähti käyntiin alkupalaverilla. Palaveriin osallistui opinnäytetyön tekijän lisäksi kaksi Valmetin automaatio suunnittelu osastolla työskentelevää asiantuntijaa. Nämä asiantuntijat ovat työskennelleet aikaisemmin toimitettujen valaistusjärjestelmien suunnittelun parissa. Heidän kanssaan käytiin läpi kysymyksiä, joita oli valmisteltu opinnäytetyön toteutusvaihetta suunniteltaessa. Palaverin aikana tehtiin päätökset suunniteltavan konseptin linjoista, joiden pohjalta toteutusta lähdettäisiin tekemään.

Toteutusvaiheesta ja konseptista heränneiden kysymysten pohjalta päätettiin seuraavaa: Mallinus toteutettaisiin paperikoneen viiraosalle. Projektin pohjaksi valittaisiin projekti, jonka parissa olin työskennellyt aikaisemmin. Projektista tehtäisiin kopio Cadmatic DM suunnitteluohjelman training-puolelle. Training-puolelle kopioitua projekti pohjaa voi silloin muokata ilman, että se vaikuttaa alkuperäiseen projektiin. Sieltä opinnäytetyössä valmistuneet suunnittelupohjat ovat kopioitavissa muihin projekteihin. Konseptista päätettiin, että siitä tulisi tehdä muokattava, jotta sitä voitaisiin lähteä monistamaan myös muille paperikoneen koneosille. Tähän liittyen sovittiin, että kaikki valaistukseen liittyvät laitteet, kuten led-valonohjaimet, sulakkeet, jännitelähteet ym. tulisi olla keskitetysti omissa kenttäkoteloissaan, jotta järjestelmäkaapeista ei menisi tilaa valaistuksen ohjaukseen. Järjestelmäkaappeihin jäisi ainoastaan valaistuksen ohjaukseen tarvittavat IO-kortit.

Led-nauhojen sekä työvalojen ohjauksille oli tarkoitus tehdä omat erilliset kenttäkotelot. Koteloihin sijoitettavien valonohjauksien määräksi päätettiin 5kpl. Eli led-nauhoille ja työvaloille suunniteltaisiin omat kenttäkotelonsa, joihin mahtuu viisi eri ohjaus kokonaisuutta. Kenttäkotelot ovat silloin helposti sijoitettavissa paperikoneen rungon läheisyyteen, ja näistä on mahdollisuus jakaa ohjaukset valoille. Kenttäkoteloihin saadaan valojenohjaussignaalit Valmet DNA-järjestelmältä, järjestelmäkaapissa sijaitsevilta IO-korteilta. Kenttäkoteloihin kytkeydytään järjestelmäkaapista runkokaapelien avulla. Näillä tiedoilla suunnittelutyötä lähdettiin edistämään.

### 6.3.2 Suunnitteluohjelma

Toimeksiantajalla on käytössään tietokantapohjainen Cadmatic electrical suunnitteluohjelma.

Suunnitteluohjelma koostuu kolmesta eri työkalusta, joiden avulla suunnittelua ja suunnittelun dokumentteja hallitaan.

Cadmatic DM document management (ks. kuvio 28) on ohjelma mihin projektien dokumentit ovat keskitetysti tallennettu. Puumaisen rakenteen alta löytyy projektit lajiteltuna. Dokumentit listataan jokaisen projektin mukaan sekä paperikoneen koneosien ja dokumentin tyyppin mukaan. DM-ohjelman kautta voidaan esim. tulostaa tietokantaan kertyneitä suunnittelun tietoja raporteina ulos, kuten osaluetteloita, kytkentäluetteloita, kilpiluettoja sekä piirikaavio ja kotelayout kuvia.

The screenshot shows the Cadmatic DM software interface. On the left, there is a project tree with a filter set to 'EH'. The main window displays a list of documents for the project 'DO NOT TOUCH!! BOARD MACHINE (NDPM49)'. The list has columns for SectionCode, Name3, CircCode, CircNbr, CircName, ElectricalPosition, and LocationName. The 'Circuit Diagram' category is highlighted in the tree. Below the list, there is a 'Field' and 'Info' section showing details for a selected document.

SectionCode	Name3	CircCode	CircNbr	CircName	ElectricalPosition	LocationName
FORMING SECTION	CIRCUIT DIAGRAM	4952HZ	001	FM2 FORMING SECTION DRIVE E-STOP		
FORMING SECTION	CIRCUIT DIAGRAM	4952PH	015	FORMING SECTION FEED AIR DISTRIBUTION		
FORMING SECTION	CIRCUIT DIAGRAM	4952GHS	070	PRINT PLY TAIL SQUIRT MOVEMENT		
FORMING SECTION	CIRCUIT DIAGRAM	4952GZ	103	PRINT PLY FABRIC OFF-TRACK MONITORING		
FORMING SECTION	CIRCUIT DIAGRAM	4952VHS	105	PRINT PLY FABRIC AUTO ADJUSTABLE LEVER STRET		
FORMING SECTION	CIRCUIT DIAGRAM	4952GHS	106	PRINT PLY FABRIC STRETCHER 1		
FORMING SECTION	CIRCUIT DIAGRAM	4952GHS	107	PRINT PLY FABRIC STRETCHER 2		
FORMING SECTION	CIRCUIT DIAGRAM	4952GZ	110	PRINT PLY DOCTORS OSCILLATION		
FORMING SECTION	CIRCUIT DIAGRAM	4952HS	111	PRINT PLY BREAST ROLL DOCTOR		
FORMING SECTION	CIRCUIT DIAGRAM	4952HS	112	PRINT PLY COUCH ROLL DOCTOR		
FORMING SECTION	CIRCUIT DIAGRAM	4952HS	114	PRINT PLY 1ST RETURN ROLL DOCTOR		
FORMING SECTION	CIRCUIT DIAGRAM	4952HS	115	PRINT PLY 2ND RETURN ROLL DOCTOR		
FORMING SECTION	CIRCUIT DIAGRAM	4952HS	116	PRINT PLY 1ST STRETCHER ROLL DOCTOR		
FORMING SECTION	CIRCUIT DIAGRAM	4952HS	117	PRINT PLY 2ND STRETCHER ROLL DOCTOR		
FORMING SECTION	CIRCUIT DIAGRAM	4952HS	118	PRINT PLY 3RD STRETCHER ROLL DOCTOR		
FORMING SECTION	CIRCUIT DIAGRAM	4952HS	119	PRINT PLY 3RD RETURN ROLL DOCTOR		
FORMING SECTION	CIRCUIT DIAGRAM	4952HS	120	PRINT PLY GUIDE ROLL DOCTOR		
FORMING SECTION	CIRCUIT DIAGRAM	4952PIS	126	PRINT PLY COUCH ROLL SEAL STRIP LOADING		
FORMING SECTION	CIRCUIT DIAGRAM	4952GHZ	131	PRINT PLY FABRIC 1ST H.P. SHOWER OSC		
FORMING SECTION	CIRCUIT DIAGRAM	4952GHZ	133	PRINT PLY COUCH ROLL H.P. SHOWER OSC		
FORMING SECTION	CIRCUIT DIAGRAM	4952GA	150	PRINT PLY BREAST ROLL MOVEMENT WARNING		
FORMING SECTION	CIRCUIT DIAGRAM	4952GHS	152	PRINT PLY BREAST ROLL SHIFTING		
FORMING SECTION	CIRCUIT DIAGRAM	4952GI	161	FABRIC TRIM SQUIRT POSITION		
FORMING SECTION	CIRCUIT DIAGRAM	4952HS	175	PRINT & REVERSE PLY FABRIC CHANGE HOIST CONT		
FORMING SECTION	CIRCUIT DIAGRAM	4952HS	176	FILLER & TOP PLY FABRIC CHANGE HOIST CONTROL		
FORMING SECTION	CIRCUIT DIAGRAM	4952EI	189	FIU WINCH POWER SUPPLY		
FORMING SECTION	CIRCUIT DIAGRAM	4952EI	186	FIU WINCH POWER SUPPLY		
FORMING SECTION	CIRCUIT DIAGRAM	4952EI	187	FIU WINCH POWER SUPPLY		
FORMING SECTION	CIRCUIT DIAGRAM	4952GZ	203	FILLER PLY FABRIC OFF-TRACK MONITORING		
FORMING SECTION	CIRCUIT DIAGRAM	4952VHS	205	FILLER PLY FABRIC AUTO ADJUSTABLE LEVER STRET		
FORMING SECTION	CIRCUIT DIAGRAM	4952GHS	206	FILLER PLY FABRIC STRETCHER		

Field Value Info  
 SectionCode FORMING SECTION Read-only, Edit in ElectricDB  
 Name3 CIRCUIT DIAGRAM Drawings editable, Reports read-only, Dokument kind description  
 CircCode 4952HZ Read-only, Edit in ElectricDB, Assign circuit to drawings in CAD5

DO NOT TOUCH!! BOARD MACHINE (NDPM49) jkpaasha Power user Number of documents : 204

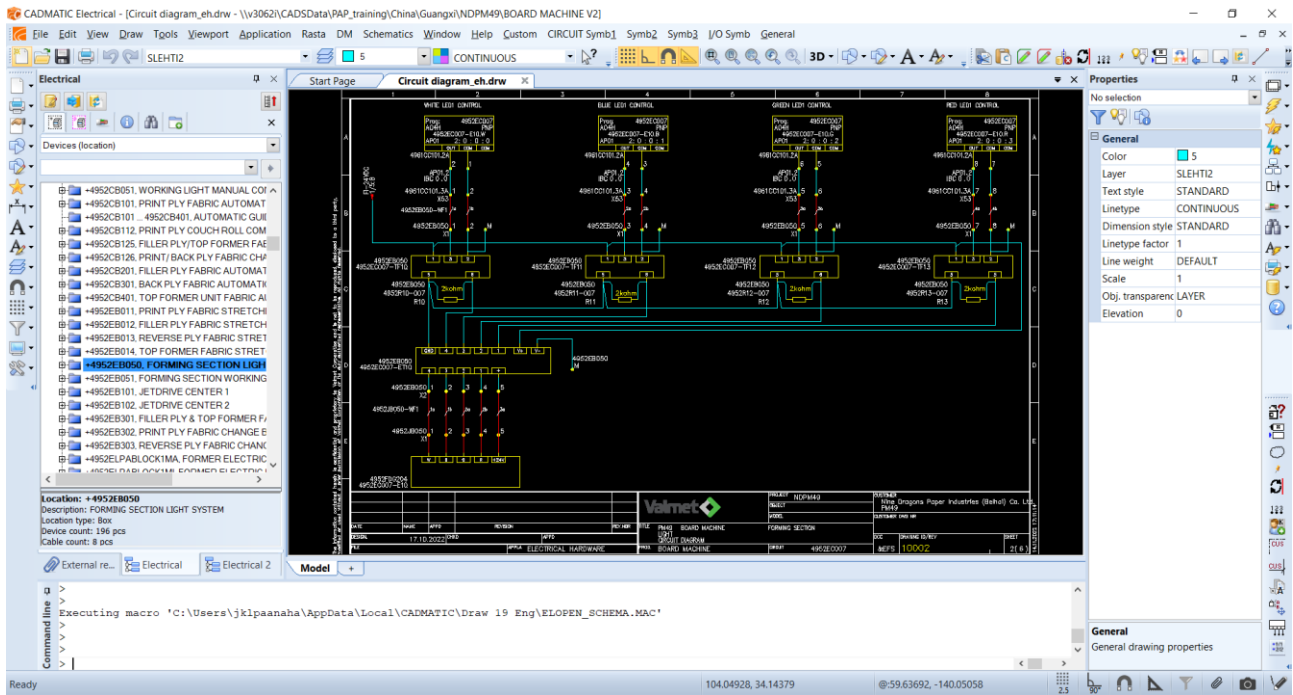
Kuvio 28. Cadmatic DM

Cadmatic DB Tool database (ks. kuvio 29) on suunnittelussa käytettävä tietokantatyökalu, johon on kerätty projektiin liittyvät tiedot yhden näkymän alle. Vasemmassa laidassa näkyy kaikki projektiin liittyvät paperikoneen koneosat ja niiden alle on lisättyä kaikki kyseiseen koneosaan liittyvät piirit ja muu tarvittava tieto. DB-työkalun ylälaidassa näkyy välilehtiä minkä kautta voidaan muokata ja lisätä esim. projektiin liittyviä laite ja kaapelointitietoja. DB-työkalu mahdollistaa myös projektin tietojen massamuokkauksen. DM-työkalu hakee raportteihinsa tiedot DB-työkalun kautta.

ID	Device text	Full ID	Location	Dynamic customer ID	Customer ID	Product information
24VDC		+4952EB050-24VDC	+4952EB050	4952EB050-24VDC		VAL0062394*2 (W)
230VAC		+4952EB050-230VAC	+4952EB050	4952EB050-230VAC		VAL0128709*1 (W) VAL0015129*2 (W) VAL0014793*1 (W)
E10		4952E10-007	+4952FDG204	4952EC007-E10		VAL0483121*1 (Le)
E20		4952E20-007	+4952FDG204	4952EC007-E20		VAL0483121*1 (Le)
E30		4952E30-007	+4952FDG204	4952EC007-E30		VAL0483121*1 (Le)
E40		4952E40-007	+4952FDG204	4952EC007-E40		VAL0483121*1 (Le)
E50		4952E50-007	+4952FDG204	4952EC007-E50		VAL0483121*1 (Le)
ET10		4952ET10-007	+4952EB050	4952EC007-ET10		VAL0483111*1 (Sh)
ET20		4952ET20-007	+4952EB050	4952EC007-ET20		VAL0483111*1 (Sh)
ET30		4952ET30-007	+4952EB050	4952EC007-ET30		VAL0483111*1 (Sh)
ET40		4952ET40-007	+4952EB050	4952EC007-ET40		VAL0483111*1 (Sh)
ET50		4952ET50-007	+4952EB050	4952EC007-ET50		VAL0483111*1 (Sh)
F1	FUSE	4952F1-007	+4952EB050	4952EC007-F1		VAL0185020*1 (AB)
F2	FUSE	4952F2-007	+4952EB050	4952EC007-F2		VAL0185020*1 (AB)
F3	FUSE	4952F3-007	+4952EB050	4952EC007-F3		VAL0185020*1 (AB)
F4	FUSE	4952F4-007	+4952EB050	4952EC007-F4		VAL0185020*1 (AB)
F5	FUSE	4952F5-007	+4952EB050	4952EC007-F5		VAL0185020*1 (AB)
F230	FUSE	4952F230-007	+4952EB050	4952EC007-F230		VAL0183521*1 (AB)
M		+4952EB050-M	+4952EB050	4952EB050-M		VAL0064033*1 (En)
M		+4961CC101.5A-M	+4961CC101.5A	4961CC101.5A-M		

Kuvio 29. Cadmatic DB

Cadmatic Draw on suunnittelutyökalu piirikaavioiden ja kotelolayout kuvien piirtämiseen (ks. kuvio 30). Ohjelman vasemmassa laidassa on puurakenne, josta löytyvät alusvetovalikoista samat projektiin liittyvät tiedot, joita DB-työkalussa on projektiin lisättyinä, esim. laite- ja kaapelointitietoja. Piirikaaviota suunniteltaessa voidaan tätä kautta lisätä tarvittavia laite, kaapeli ym. muita piirustuksiin liittyviä tietoja, jotka päivitetään DB-työkalun tietokantaan.

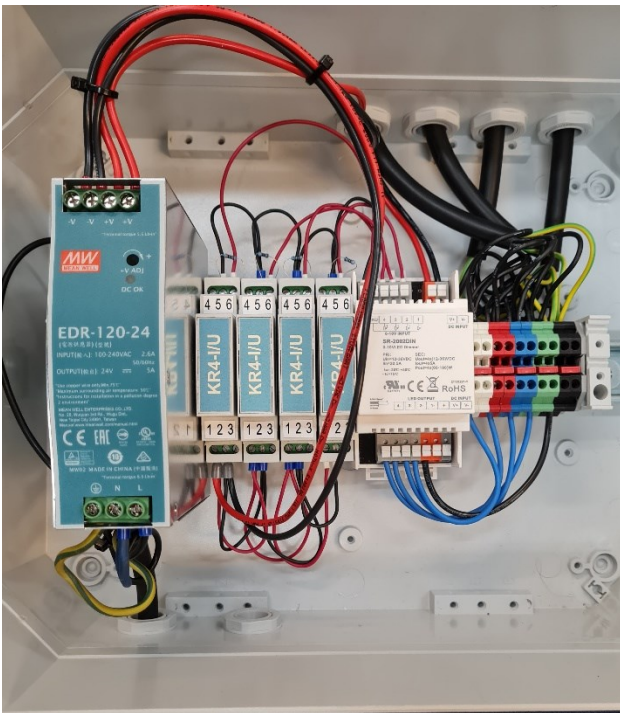


Kuvio 30. Cadmatic Draw

### 6.3.3 Led-nauhojen ohjauksille piirikaavio ja layout-mallinnus

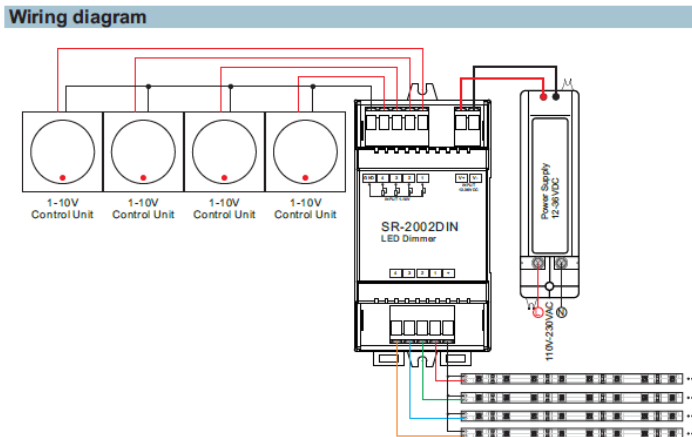
Suunnittelutyö lähti liikkeelle prototyyppiin (ks. kuvio 31) ja sen tekniikkaan tutustumiselle. Prototyyppiin valittujen komponenttien ja niiden datalehtien tietoihin tutustuttiin, jotta suunnittelulle saataisiin perustiedot. Prototyyppissä olevalle led-valonohjaimelle, led-nauhalla ja virta/jännitemuuntimille etsittiin muita vaihtoehtoja, mutta osoittautui että nämä komponentit ovat paras vaihtoehto tällä hetkellä. Lopulliseen opinnäytetyössä suunniteltuun versioon otettiin prototyypin komponenteista mukaan alla luetellut.

- SR2002DIN 0/1-10V 4Channel LED driver, Sunricher (Led-valonohjain)
- KR4-I/U 4-20mA to 0-10V Signal Converter, Dagon (Virta/jännitemuunnin)
- LS PFM-1000/RGBW/865/5/IP66 Led-nauha, Ledvance



Kuvio 31. Led-nauhojen ohjauksen prototyyppi

Prototyypin toimintaperiaate on, muuntaa virta/jännitemuuntimille tuleva 4-20mA signaali led-valonohjaimen käyttämäksi 0-10V signaaliksi. Led-valonohjaimesta lähtee jokaiselle RGBW led-nauhan värisävyille oma ohjaussignaalin. Ohjaimelta lähtevän ohjaussignaalin periaate on esitetty kuviossa 32. Virta/jännite muuntimia tarvitaan neljä kappaletta, jokaiselle ohjattavalle kanavalle omansa. Tämän takia järjestelmäkaapin AO-kortilta käytetään aina neljä kanavaa yhden RGBW led-valonohjaimen ohjaamiseen.



Kuvio 32. Led-nauhojen valonohjain (SR-2002DIN User Manual n.d.)

## Aloitus

Mallinnustyötä varten tehtiin kopio toisesta projektista Cadmatic DM -ohjelmaan. Cadmatic DM -työkalun kautta avataan DB-työkalu, jolloin se luo DB-tietokannan projektin tiedoista. DM työkalun kautta lisätään projektiin tarvittavien dokumenttien pohjat sekä sijainti mihin koneosaan tai alueeseen dokumentti liittyy. Tähän mallinukseen lisättiin piirikaavio (Circuit diagram) ja kotelolayout dokumentti (Arrangement drawing box). DM-työkalusta avataan luotu piirikaavio. Ohjelma aukaisee tyhjän piirikaaviopohjan, joka liitetään osaksi projektia add document to project toiminolla. Tämän jälkeen piirikaavio liitetään vielä osaksi DB-tietokantaan tehtyä piiriä mihin piirikaavioon lisätyt laite, kaapelointi ym. tiedot päivittyvät Cadmatic Draw ohjelmasta käytettävien työkalujen avulla. Esim. Piirikaavioon lisätty laite tai kaapeli täytyy lisätä osaksi oikeaa piiriä ja niillä on oltava valittuna oikea sijaintitieto (location), jotta tietokanta tietää, mihin koteloon tai osioon kyseinen laite kuuluu.

## Piirin nimeäminen

Piirikaavioiden, laitteiden ja koteloiden nimeämiseen käytettiin Valmetin omia standardi ohjeistusten mukaisia tapoja. Led-valonohjain piirille tuli ohjeiden mukaan tunnuksiksi 4952EC-007. Missä 49 tarkoittaa projektiin liittyvän paperikoneen numeroa, 52 koneenosaa eli viiraosaa, EC kertoo piirin toiminto koodin ja 007 on piirin yksilönumero. Piiriin kuuluvien laitteiden ja koteloiden nimeäminen tehtiin standardin ohjeiden mukaan ja numerointi hoidettiin juoksevilla numeroineilla. Kuviossa 33 on esitetty DB-työkalan avulla, led-nauhojen piiriin lisättyjä laitteita, jotka ovat puura-kenteessa vasemmalla sekä oikealla piiriin nimettyjen koteloiden location-tunnukset.

The screenshot shows the 'Electrical DB Tool' interface. On the left, a hierarchy tree is expanded to show the circuit '4952EC-007, LIGHT'. The main window displays a table with the following data:

Object ID	Electrical position	Location	Customer location	Location type	Location description	Plate type	Product
	4952EB050	+4952EB050		Box	FORMING SECTION LIGHT SYSTEM		
	4952FDG204	+4952FDG204		Field	LIGHTING FIELD DEVICES		
	4952JB050	+4952JB050		Box	CONNECTION TO LED STRIPES		
	4952JB051	+4952JB051		Box	CONNECTION TO LED STRIPES		
	4952JB052	+4952JB052		Box	CONNECTION TO LED STRIPES		
	4952JB053	+4952JB053		Box	CONNECTION TO LED STRIPES		
	4952JB054	+4952JB054		Box	CONNECTION TO LED STRIPES		

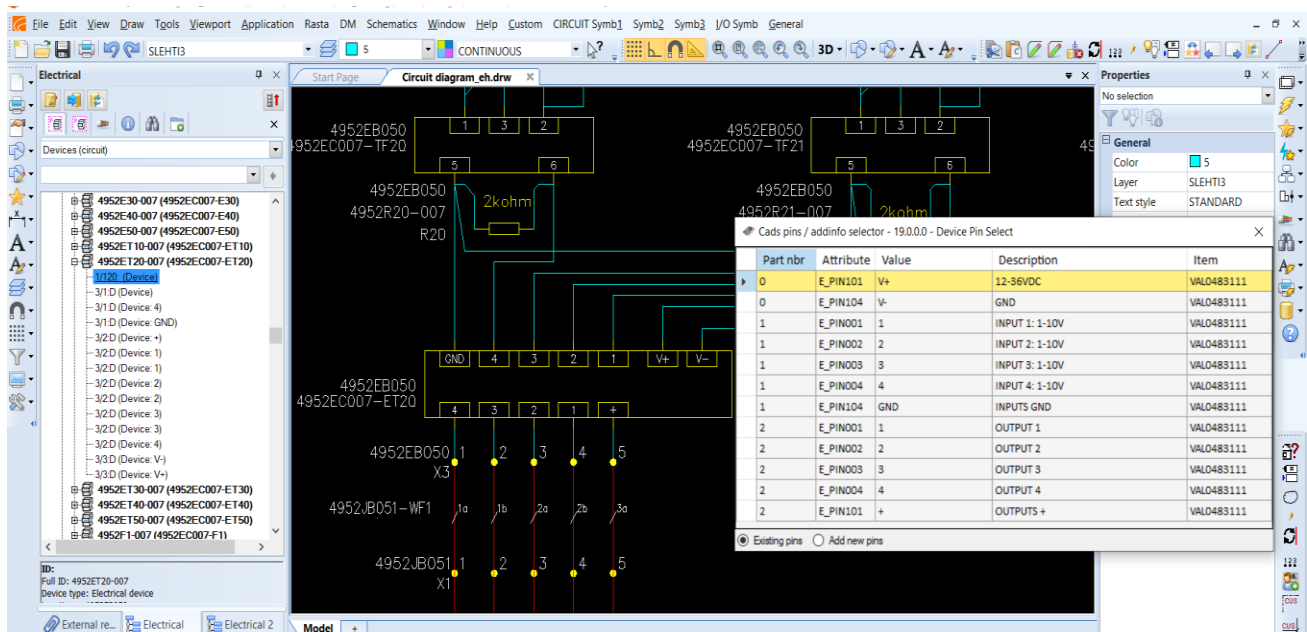
At the bottom left, a status bar shows: ID: 4952EC-007, Circuit: 4952EC007, Hierarchy binding: PM49, FORMING SECTION, LED STRIPES LIGHT, Type: Circuit. At the bottom right, it shows 'Quantity: 7' and the file path 'v0034b.vstage.co,1901 - CadsDM\_Training'.

Kuvio 33. 4952EC-007 piirin laitetiedot ja location-tiedot



## Val-koodi

Ennen piirikaavioiden ja layout kuvien piirtämistä haettiin kaikille vielä DB-työkalun tietokannasta puuttuville laitteille niin sanottu Val-koodi. Val-koodi on Valmetilla käytössä oleva dokumentointi tapa missä jokaiselle tietokantaan lisätylle laitteelle tai sähkökomponentille annetaan oma Val-koodi. Tämä koodi mahdollistaa esim. tietokannasta aikaisemmissa projekteissa käytettyjen komponenttien hakemisen ja niiden liittämisen osaksi projektia. Val-koodien avulla lisätään myös laitteelle tai sähkökomponentille niiden datalehdeltä löytyvät liitinnumerot. Nämä liitinnumerot voidaan mallintaa sähköpiirikaavioon ja käyttää Cadmatic Draw ohjelmasta löytyviä työkaluja niiden parittamiseksi osaksi DB tietokannasta löytyvää laitetta. Tämä tehdään sen vuoksi, että laitekaapelointi tulee silloin tietokantaan oikein ja tietokannasta voidaan ajaa kytkentäluetteloita. Kuviossa 34 on esitetty piirikaavioon mallinnettu led-valonohjain SR2002DIN, joka on nimetty laitetunnuksella 4952EC007-ET20. Avoinna olevassa ikkunassa on led-valonohjaimen datalehden mukaan merkatut liitinnumerot, jotka ovat lisätty tietokantaan Val-koodin tekemisen yhteydessä. Piirikaavio mallinnus ja Val-koodien hakeminen oli tehtävä myös muille led-nauhojen ohjaukseen liittyville komponenteille, virta/jännitemuuntimelle ja led-nauhalle. Muiden komponenttien osalta käytettiin tietokannasta jo löytyviä osia ja ne lisättiin projektiin.



Kuvio 34. Mallinnettu Led- valonohjain

## Jännitteenjako

Komponenttien mallituksen jälkeen suunniteltavaksi tuli kytkentöjen ja jännitejaon piirtäminen. Konseptista oli tarkoitus suunnitella helposti muokattava ja kopioitava ratkaisu, tämän takia kaikki led-nauhan ohjaamiseen liittyvät komponentit suunniteltiin yhteen kenttäkoteloon, joka sijoitetaan paperikoneen rungolle. Kenttäkoteloon tehtiin suunnittelu viidelle eri led-nauhan ohjauspaketille ja jätettiin kotelo layouttiin kuudennelle varaus. Kenttäkotelo nimettiin standardi ohjeiden mukaan tunnuksella 4952EB050.

Piirikaavioiden ensimmäiselle välilehdelle suunniteltiin led-nauhojen ja kotelossa 4952EB050 olevien laitteiden jännitteenjako (ks. kuvio 35). 230 voltin jännitesyöttö suunniteltiin tulemaan kotelon ulkopuolelta, paperitehtaan omista sähköjärjestelmistä. Koteloon sijoitettiin jännitesyöttöä varten ABB S201-K6 6A:n johdonsuojakatkaisija.

Tehonlähteeksi valittiin Phoenix Contact QUINT4-PS/1AC/24DC/40 40A:n tehonlähde. Tehonlähteen mitoitus lähdettiin arvioimaan ohjattavien led-nauhojen tehon kulutuksen mukaan, koska tehonsyöttö led-nauhoille tulee kotelossa 4952EB050 olevien valonohjaimien kautta. Yhden valonohjaimen tehonsyötön arvoksi valmistaja ilmoittaa 60-180W. Opinnäytetyöhön valitun led-nauhan tehonkulutukseksi led-nauha valmistaja ilmoittaa 18W/m. Yhdellä ohjaimella on järkevää syöttää maksimissaan 7 m pituista led-nauhaa, jotta led-ohjainta ei kuormitettaisi liikaa. Tehonlähteen mitoituksen arviointi tehtiin 7 m pituiselle led-nauhalle.

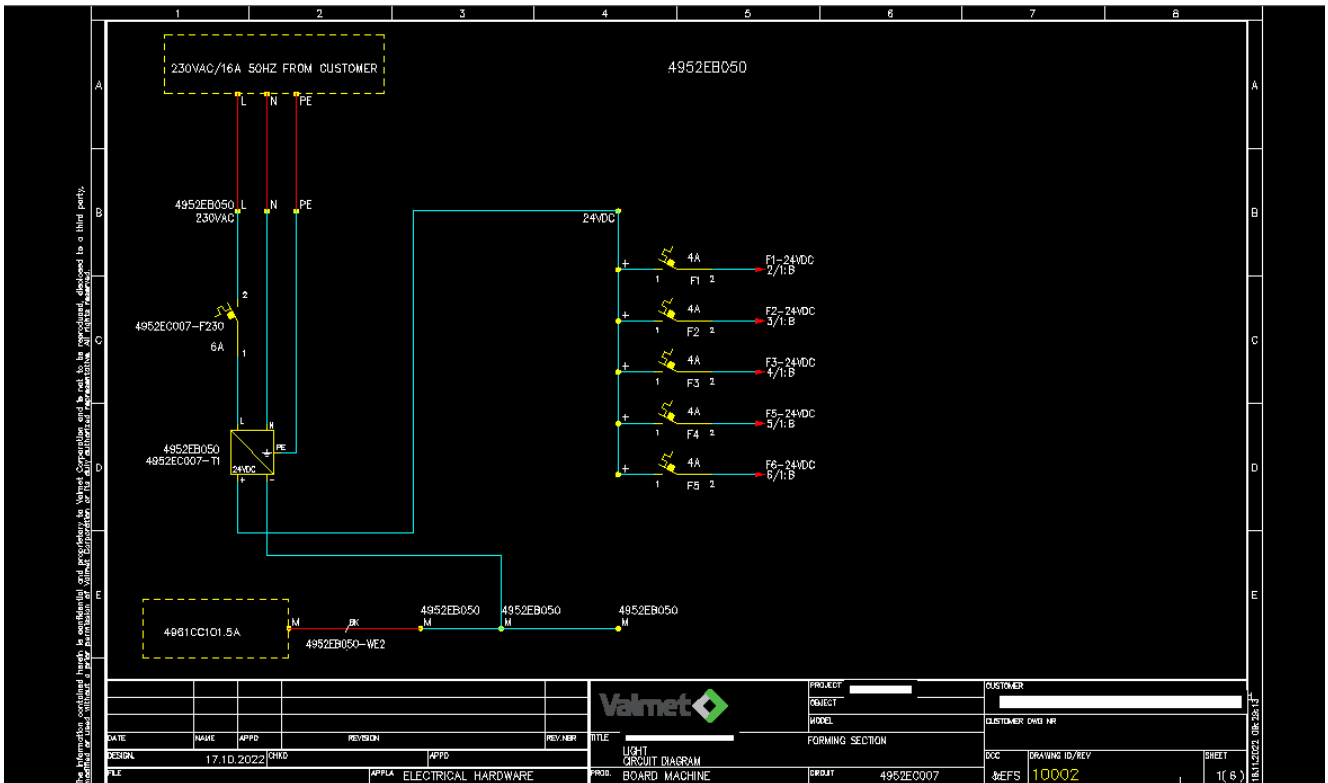
## Laskelmat

$$\text{Led-nauhan kokonaistehonkulutus: } \frac{18W}{m} * 7m = 126W$$

$$\text{Kokonaisteho led-nauhat 5kpl: } 126W * 5 = 630W$$

$$\text{Tehonlähteen virransyötön tarve: } \frac{630W}{24V} = 26A$$

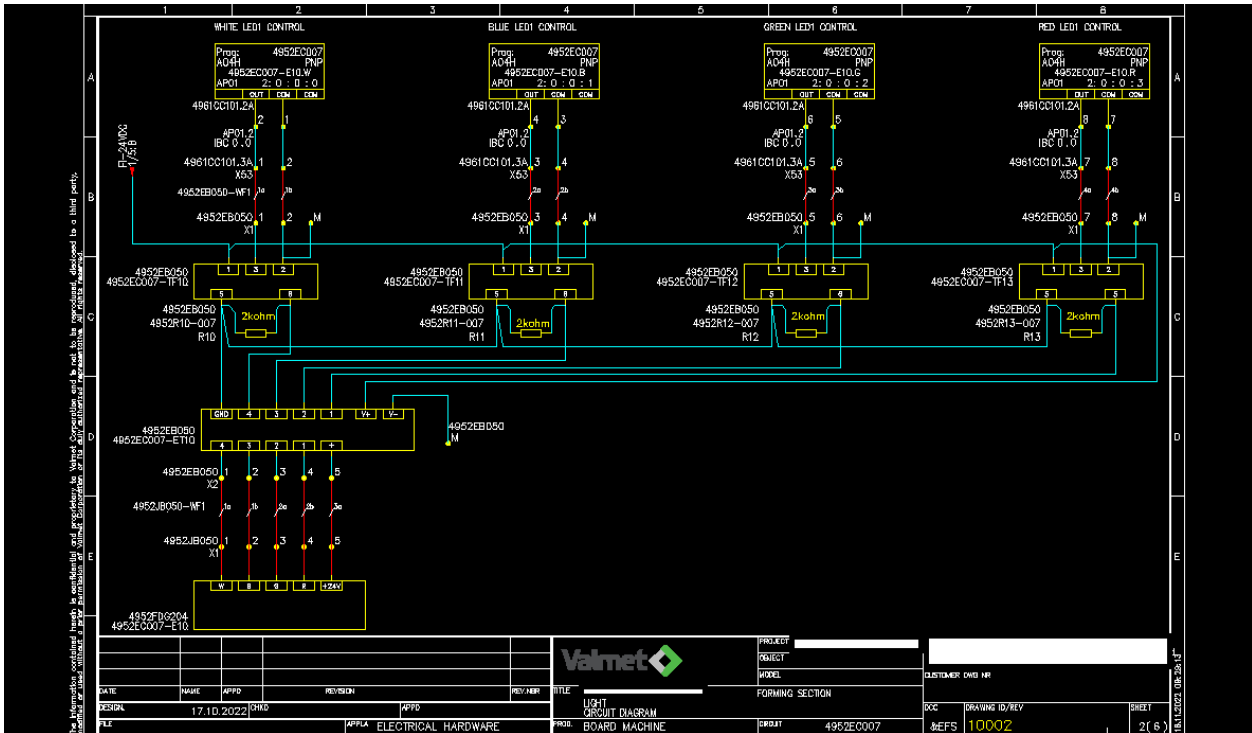
Arvio laskemien perusteella 30A:n tehonlähde olisi riittävä. Kotelossa on varaus myös kuudennelle led-ohjain paketille sekä muita pienemmän virran kulutuksen omaavia komponentteja. Tämän takia päädyttiin valitsemaan 40A:n tehonlähde. Jokaiselle led-nauhan ohjauksen piirille suunniteltiin myös omat johdonsuojakatkaisijat suojaamaan piirin laitteita (Ks. kuvio 35).



Kuvio 35. Kotelo 4952EB050 jännitteenjako

## Piirikaaviot

Led-nauhojen piirikaavioiden mallinnus on esitetty kuviossa 36. Piirikaaviossa sinisellä värillä esitetyt kytkennät ovat kotelosisäisiä johdotuksia. Piirikaavioon yläaidasta löytyy järjestelmäkaapissa sijaitsevat Analog output IO-kortit 4kpl. Jokaiselle led-nauhan värisävyille on nimetty oma IO-kortti. Korttien osoitteiden määrittäminen tapahtuu Cadmatic DB tietokannasta, kyseisen piirin alta löytyvältä I/O-välilehdeltä. IO-korteilta kytkeydytään järjestelmäkaapissa olevaan riviliitinryhmään X53. Järjestelmäkaapista 4-20mA signaali välitetään eteenpäin runkokaapelilla, joka kytkeytyy kotelon 4952EB050 riviliitinryhmään X1. Runkokaapelin tyyppiä valittiin NOMAK 24x2x0,5. Tässä kaapeli mallissa riittää johtimia myös kuudennen led-ohjain paketin kytkemiseen järjestelmäkaapin sekä 4952EB050 kotelon välille.

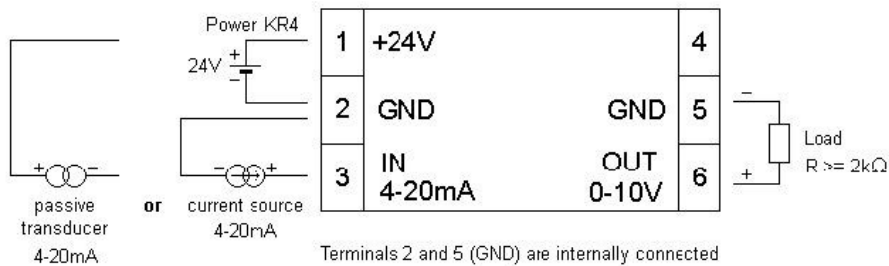


Kuvio 36. Led-nauha ohjauksen piirikaavio

Kotelon 4952EB050 riviliitinryhmästä numero X1, järjestelmäkaapin IO-korteilta tulevat virtasignaalit kytkeytyvät kotelon sisäisillä johdotuksilla virta/jännitemuuntimille. Käyttöjännite jokaiselle ohjauspiirille, tulee aikaisemmin esitellyn jännitteenjakokaavion mukaan. Käyttöjännite on ”jumptettu” kotelon sisäisillä johdotuksilla jokaiselle virta/jännitemuuntimelle sekä myös led-valonohjaimelle. Virta/jännitemuuntimien ja led-valonohjaimen maadoitus on kytketty 4952EB050 koteloon asennettuun M-kiskoon. Virta/jännitemuuntimessa olevat liitännät ovat suunniteltu siten, että järjestelmäkaapin IO-korteilta tuleva virtasignaali kytketään samaan maadoitukseen, kuin virta/jännitemuuntimen käyttöjännite (ks. kuvio 37). Tämä aiheuttaa sen, että kotelossa olevat virta/jännitemuuntimet ovat eri potentiaalissa järjestelmäkaapin IO-korttien kanssa. Tämä voi aiheuttaa ongelmia IO-korttien ja virta/jännitemuuntimien toimintaan. Potentiaalitasaus toteutettiin siten, että 4952EB050 kotelon M-kiskolta vedetään erillinen maadoituskaapeli järjestelmäkaapin M-kiskoon. Tämä näkyy aikaisemmin esitellyssä jännitteenjakokaaviossa (ks. kuvio 35).

Prototyypin testauksessa insinööritoimisto Huldilla oli ollut ongelma led-nauhojen sammumisen kanssa. Led-nauhojen valot olivat jääneet himmeästi palamaan, vaikka ohjaussignaali oli pois. Tämä ratkaistiin lisäämällä virta/jännitemuuntimen liittimien 5 ja 6 väliin 2k ohmin vastus. Vastuksen tarve näkyy myös kuviossa 37 olevalla KR4-I/U muuntimen datalehden kuvalla. Opinnäytetyössä erillisen vastuksen tilalle, valittiin säädettävä vastus, joka on suoraan DIN-kiskoon sopiva ja riviliitin mallinen.

Connection diagram of KR4-I/U converter

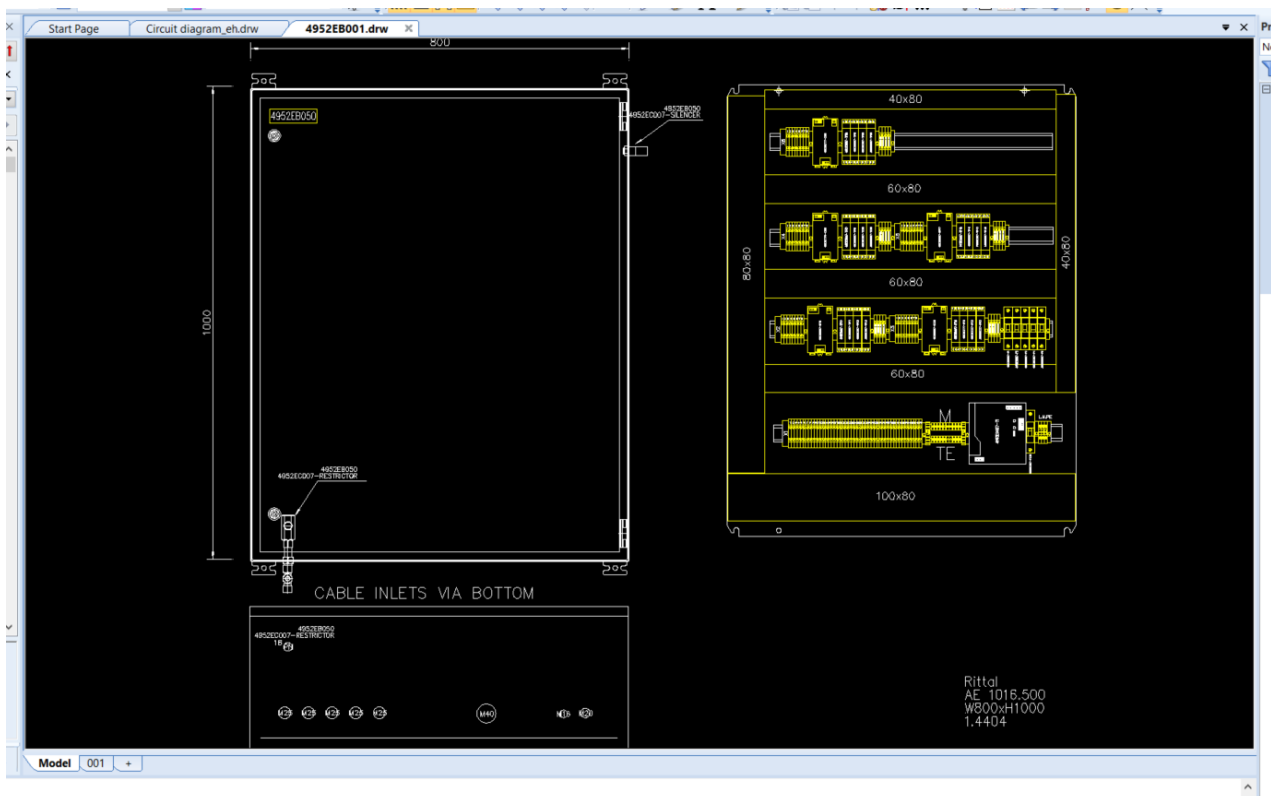


Kuvio 37. Virta/jännitemuuntimen liitännät (KR4- I/U n.d.)

Virta/jännitemuuntimilta ohjainsignaali jatkaa kotelon sisäisten johdotusten kautta 0-10V signaalina led-nauhan valonohjaimelle. Valonohjaimessa on jokaiselle ohjattavalle led-nauhan värisävyille oma 0-10V signaalilla ohjattava kanava. Valonohjaimelta ohjaussignaalit menevät sisäisinä johdotuksina kotelon 4952EB050 riviliitinryhmään X2, josta lähtee led-nauhalle menevä runkokaapeli. Opinnäytetyöhön valitussa led-nauhassa on kytkentää varten asennettuna valmiit kiinteät johdotukset. Led-nauhan ja kotelosta 4952EB050 lähtevän runkokaapelin väliin oli suunniteltava suojattu liitäntä, koska paperikoneen viiraosan ympäristö on hyvin haastava. Tämän takia suunniteltiin erillinen kytkentärasia, jonka sisällä on riviliittimet led-nauhan ja kotelolta 4952EB050 tulevan runkokaapelin väliselle kytkennälle. Kytkentärasia nimettiin standardi ohjeen mukaan tunnuksella 4952JB050. Kytkentärasiaan varattiin riviliittimiä useampia. Tämä mahdollistaa sen, että yhden kytkentärasian kautta voidaan liittää esim. Kahden eri led-valonohjaimen ohjaussignaaleja tai riviliittimiä yhteen "jumpaamalla" voidaan yhdellä led-valonohjaimella ohjata eri mittaisia led-nauhoja. Tämä antaa muokattavuutta led-nauhojen sijoitukselle.

## Kotelon layout

Kotelon layout-kuvat piirrettiin Cadmatic Draw -ohjelmalla. Kotelon valinnassa oli otettava huomioon viiraosan ympäristön asettamat vaatimukset. Viiraosalla käytetään haponkestävästä teräksestä valmistettuja kotelointeja. Led-nauha ohjauksien kotelon 4952EB050 malliksi valittiin, Rittal AE 1016.500 W800 x H1000 x D300, stainless steel 1.4404 (AISI 316 L), IP66. Tämä kotelomalli täyttää vaatimukset minkä viiraosa ympäristönä asettaa. Koteloon lisättiin myös liitäntä paineilman syöttämiseksi koteloon. Paineilman liitäntä on kotelon alalaidassa ja kotelon oikeaan yläreunaan lisättiin suodatinmallinen ilmanpoistumiseen tarkoitettu tulppa (ks. kuvio 38). Paineilmasyötön tarkoitus on pitää kotelon sisällä ylipainetta, ettei viiraosan ympäristössä oleva kosteus pääse kotelon sisälle. Samalla paineilma virtaus myös viilentää sähkökomponentteja. Kotelon 230 voltin jännitteeseen liittyvät komponentit ovat keskitettyinä kotelon oikeassa alakulmassa. Tämä selkeyttää kotelossa erijännitteisten johdotusten tekoa.



Kuvio 38. Kotelon layout 4952EB050

### 6.3.4 Työvalojen ohjauksille piirikaavio ja layout-mallinnus

Työvalojen osalta toiminnallisuutena on, että valoja voidaan ohjata Valmet DNA-järjestelmästä päälle/pois. Tämän toteuttamiseksi opinnäytetyössä päädyttiin työvalojen ohjaus toteuttamaan kontaktorikytkentöjä käyttäen. Kontaktorikytkentöjä käyttämällä voidaan ohjaus toteuttaa yksinkertaisimmin ja halvimalla tavalla. Tarkoituksena työvalojen osalta oli, että niiden konseptista suunnitellaan helposti muokattava ja kopioitava. Tämän takia kaikki työvalojen ohjaukseen liittyvät sähkökomponentit suunniteltiin tulevaksi yhden kenttäkotelon sisään. Tätä konseptia on silloin mahdollista lähteä muokkaamaan ja siirtämään tarvittaessa muille koneenosille. Ohjaukseen liittyvät IO-kortit ovat ainoat, jotka sijaitsevat erillisessä järjestelmäkaapissa. Kenttäkoteloon suunniteltiin kontaktori ohjaus viidelle eri valaisin ryhmälle. Yhteen ryhmään suunniteltiin liitettäväksi 5kpl työvaloja. Työvaloja on kahta eri mallia, yleisvalaisin ja spottivalaisin. Valaisimiksi valittiin Valmetilla aikaisemminkin viiraosalla käytössä olleet valaisin mallit. Valaisimet ovat I-Valo nimisen yrityksen valmistamat ja teolliseen ympäristöön suunnitellut. Valaisimet ovat suunniteltu ketjutettavaksi. Opinnäytetyön suunnitelmissa valaisimet ketjutettiin siten, että kolme ensimmäistä valaisinta on yleisvalaisimia ja kaksi viimeistä spottivalaisimia.

## Aloitus

Työvalojen osalta mallinnus lähti käyntiin kuten Led-nauhojen suunnittelussakin. Työvaloille tehtiin Cadmatic DM -ohjelmaan tarvittavat dokumenttipohjat. DM kantaan lisättiin piirikaavio (Circuit diagram), kotelolayout (Arrangement drawing box) sekä valojen käsinohjauksen kotelolayout (Arrangement drawing operation station). Kuviossa 39 on esitetty Cadmatic DB -työkalusta löytyvä piiri työvaloille sekä laite- ja location-tiedot. Piiri nimettiin standardi ohjeiden mukaan tunnuksella 4952EC-008. Kenttäkotelo, jossa kaikki sähkökomponentit sijaitsevat, nimettiin tunnuksella 4952EB051. Valojen käsin päälle ohjaamista varten suunniteltu ohjainboxi nimettiin tunnuksella 4952CB051. Itse valoja varten on tehtävä oma niin sanottu kenttä location, minkä alle valojen laitetiedot lisätään. Kuviossa 39 näkyy valojen location-tieto, joka nimettiin tunnuksella 4952FDG204. Tämän location-tiedon alla sijaitsee myös led-nauhojen ohjauksen led-nauhat. Tämän location-tiedon avulla DB-tietokannasta voidaan ajaa laitelistaraportti valojen osalta.

The screenshot shows the 'Electrical DB Tool' interface. On the left, a 'Hierarchy binding' tree lists various components, including '4952EC-008, WORKING LIGHTS'. The main window displays a table with the following data:

Object ID	Electrical position	Location	Customer location	Location type	Location description	Plate type	Product
	4952CB051	+4952CB051		Operating station	WORKING LIGHT MANUAL CONTROLLING		
	4952EB051	+4952EB051		Box	FORMING SECTION WORKING LIGHTS		
	4952FDG204	+4952FDG204		Field	LIGHTING FIELD DEVICES		

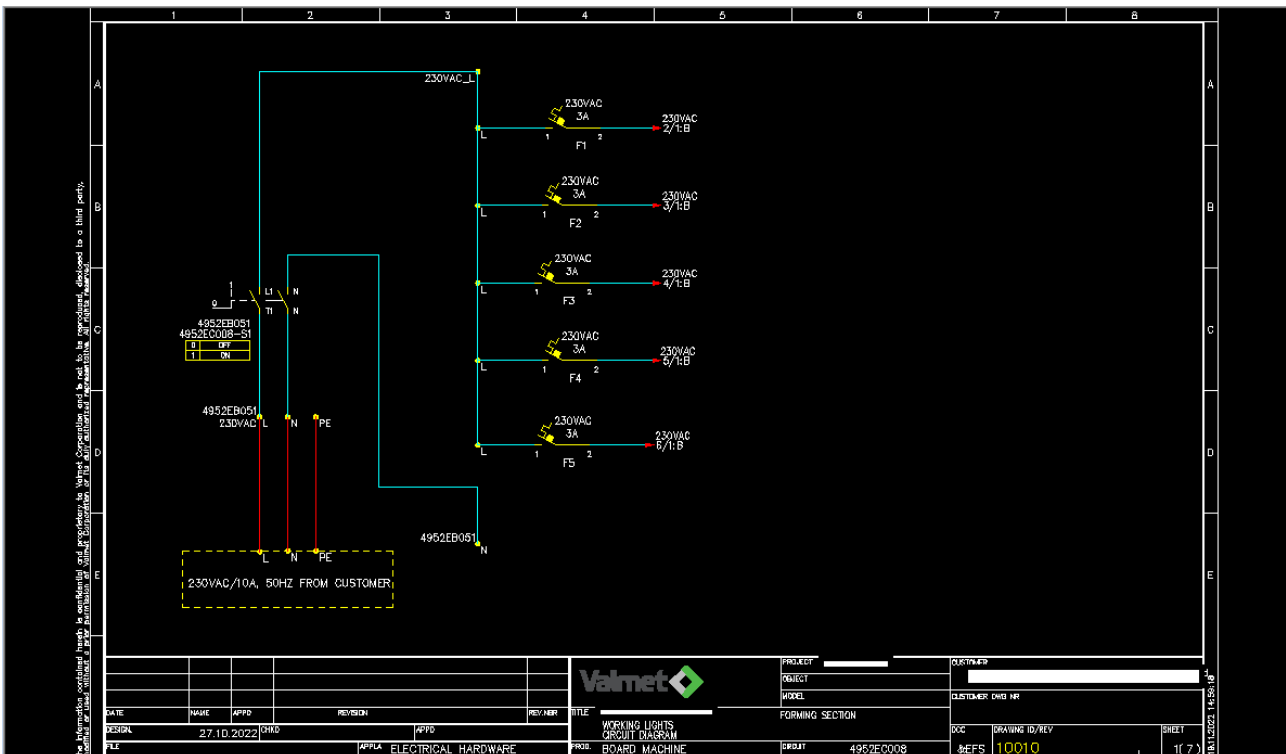
At the bottom left, a status bar shows: ID: 4952EC-008, Circuit: 4952EC008, Hierarchy binding: PM49, FORMING SECTION, WORKING LIGHTS, Type: Circuit. At the bottom right, it shows: Quantity: 3, v0034b.vstage.co.1901 - CadsDM\_Training, and a 100% zoom level.

Kuvio 39. 4952EC-008 piirin laite- ja location-tiedot



## Jännitteenjako

Kuviossa 40 on esitelty kotelossa 4952EB051 sijaitseva työvalojen jännitteenjako. 230 voltin jännitetsyöttö suunniteltiin tulemaan kotelun ulkopuolelta, paperitehtaan omista sähköjärjestelmistä. Koteloon suunniteltiin erillinen jännite katkaisija millä saadaan katkaistua jännitetsyöttö tarvittaessa. Työvaloille suunniteltiin viisi eri valoryhmää, joille jokaiselle ryhmälle lisättiin oma johdonsuojakatkaisija (ks. kuvio 40). Johdonsuojakatkaisijat mitoitettiin valoryhmän virran kulutuksen ja valojen käynnistymisvirran määrä huomioiden. Johdonsuojakatkaisijaksi valittiin 3A:n ABB S201-C3 2CDS25 johdonsuojakatkaisija.

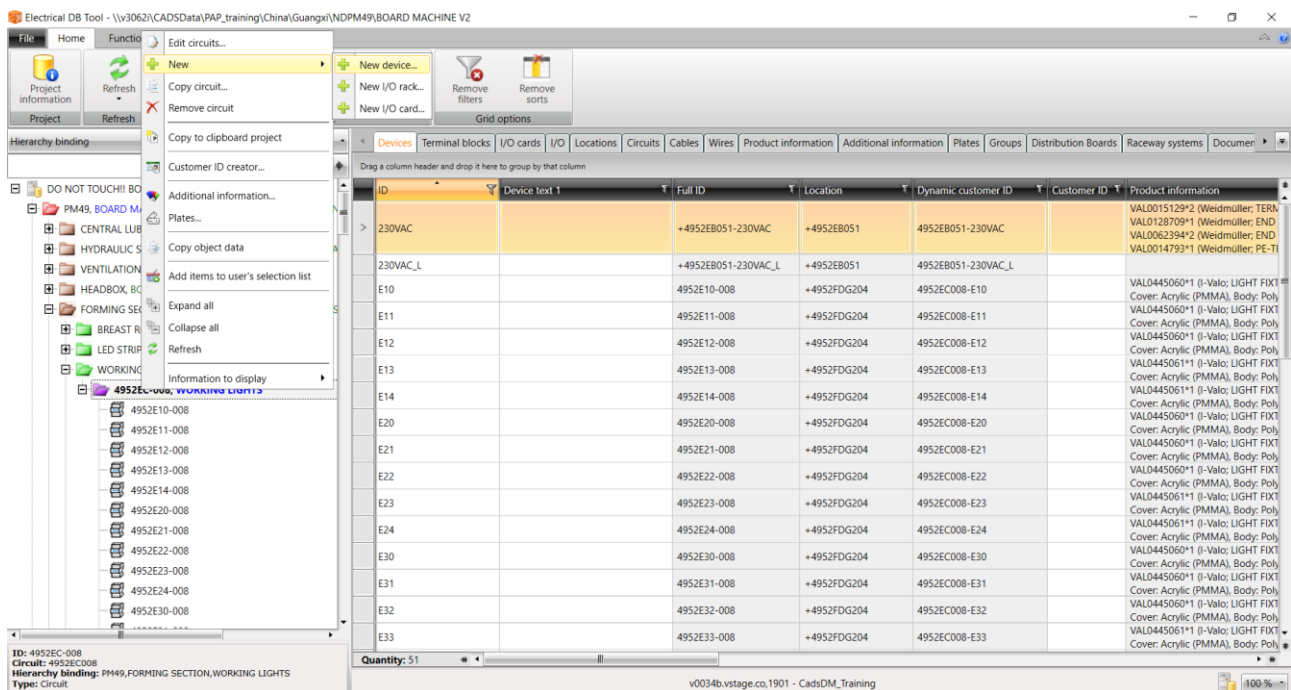


Kuvio 40. Kotelun 4952EB051 jännitteenjako

## Piirikaaviot

Työvalojen ohjauksille suunniteltiin viisi eri valoryhmää. Yhteen ryhmään kuuluu 5kpl työvalaisimia. Työvalojen ohjaukseen liittyvät sähkökomponentit sijaitsevat kaikki kotelossa 4952EB051. Ainoastaan Valmet DNA-järjestelmän työvalojen ohjaukseen tarkoitetut DO-kortit sekä käsin työvalojen päälle ohjaukseen tarkoitetut DI-kortit sijaitsevat järjestelmäkaapissa.

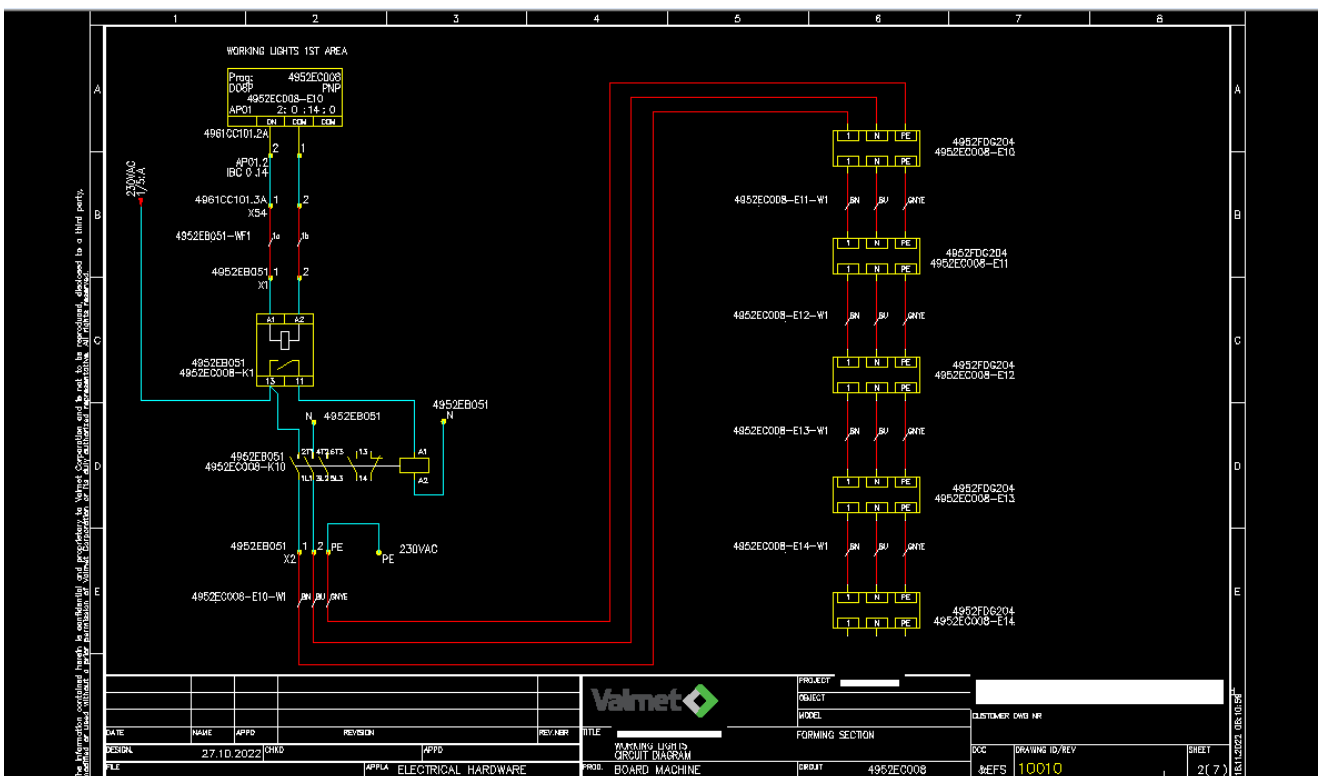
Työvalojen piirikaaviossa sähkökomponentti mallinnuksen tarvitsi ainoastaan työvalot. Muut piirikaavion komponenteista löytyivät tietokannasta, koska samanlaisia komponentteja oli käytetty aikaisemmissa projekteissa. Piiriin uuden laitteen nimeäminen sekä Val-koodin lisääminen tapahtuu Cadmatic DB -työkalun kautta. Valitun piirin päällä painamalla hiiren oikeaa näppäintä aukeaa valikko, josta löytyy New Device (ks. kuvio 41). Avautuvasta ikkunasta annetaan laitteelle nimi, location, piiritieto sekä laitteen Val-koodi. Val-koodillisia komponentteja pystytään hakemaan tietokannasta hakusanoilla ja etsimään aikaisemmissa projekteissa käytettyjä komponentteja.



Kuvio 41. Uuden laitteen lisääminen DB-tietokantaan.

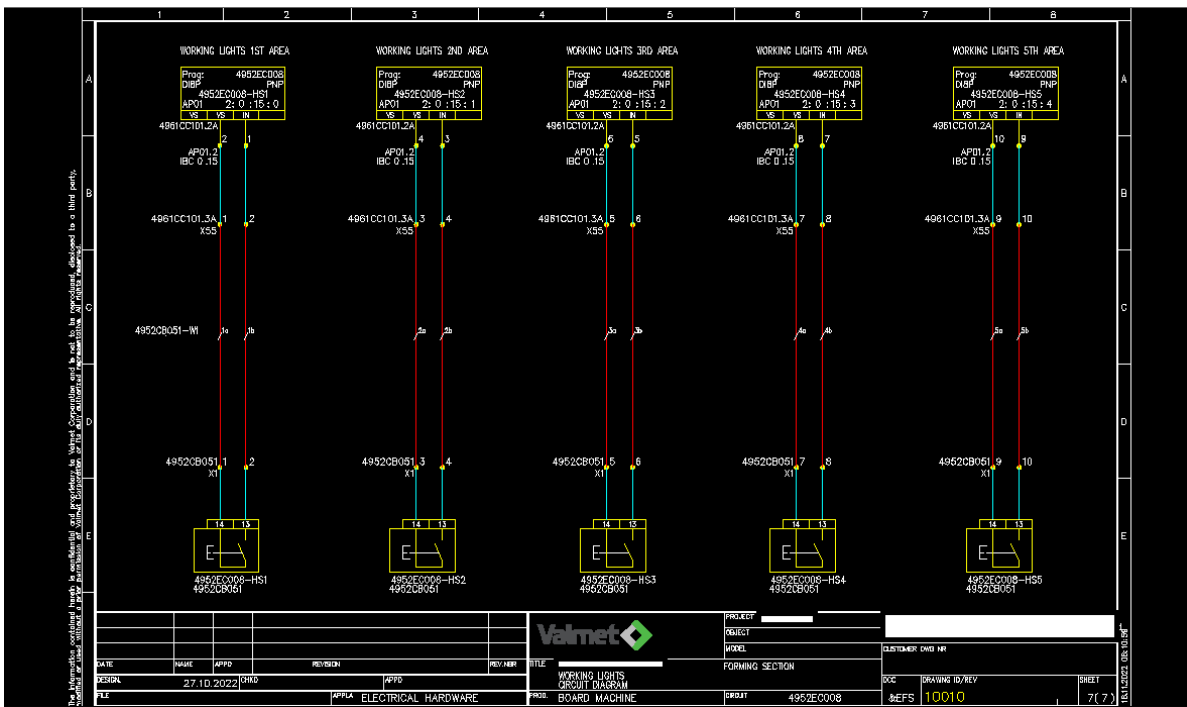
Työvalojen ohjauksen piirikaavio mallinnus on esitetty kuviossa 42. Kuvion vasemmassa ylä-laidassa on työvalojen ohjaamiseen varattu DO-kortti, joka sijaitsee järjestelmäkaapissa. Järjestelmäkaapin riviliitin ryhmästä X54 kytkeydytään runkokaapelilla kotelossa 4952EB051 sijaitsevaan riviliitinryhmään X1. Runkokaapeliksi valittiin NOMAK 8x2x0,5 kaapeli.

Kotelossa olevasta riviliitinryhmästä X1 kytkeydytään kotelon sisäisillä johdotuksilla releelle 4952EC008-K1, joka ohjaa kontaktoria 4952EC008-K10. Välireleen käyttämiseen päädyttiin, koska ACN I/O M80 DO8P kortin tehonsyöttö on datalehden mukaan maksimissaan 3W. Kontaktoriksi valittiin 230 voltin kelanohjauksella varustettu ABB AF09-30-10-13 kontaktori. Vaihtoehdoiksi esitettiin 24Vdc ohjauksella varustettuja kontaktoreita, mutta näiden ohjauksen vaatima teho ylitti ACN I/O M80 DO8P kortin antaman tehonsyötön arvon. Välireleeksi valittiin Omron G2R-1SNDI-AP3. Välireleen NO- apukoskettimelle tulee jännitteenjako kaaviossa esitellyn johdonsuojakatkaisijan kautta 230 voltin jännite, joka ohjaa välireleen sulkeuduttua kontaktorin 4952EC008-K10 kelan kiinni. Välireleeltä on kotelon sisäisellä johdotuksella vedetty kontaktorin pääkoskettimille jännitesyöttö, joka ohjautuu kontaktorin pääkoskettimien sulkeuduttua kotelon 4952EB051 riviliitinryhmän X2 kautta paperikoneelle asennetuille työvaloille.



Kuvio 42. Työvalojen ohjauksen piirikaavio

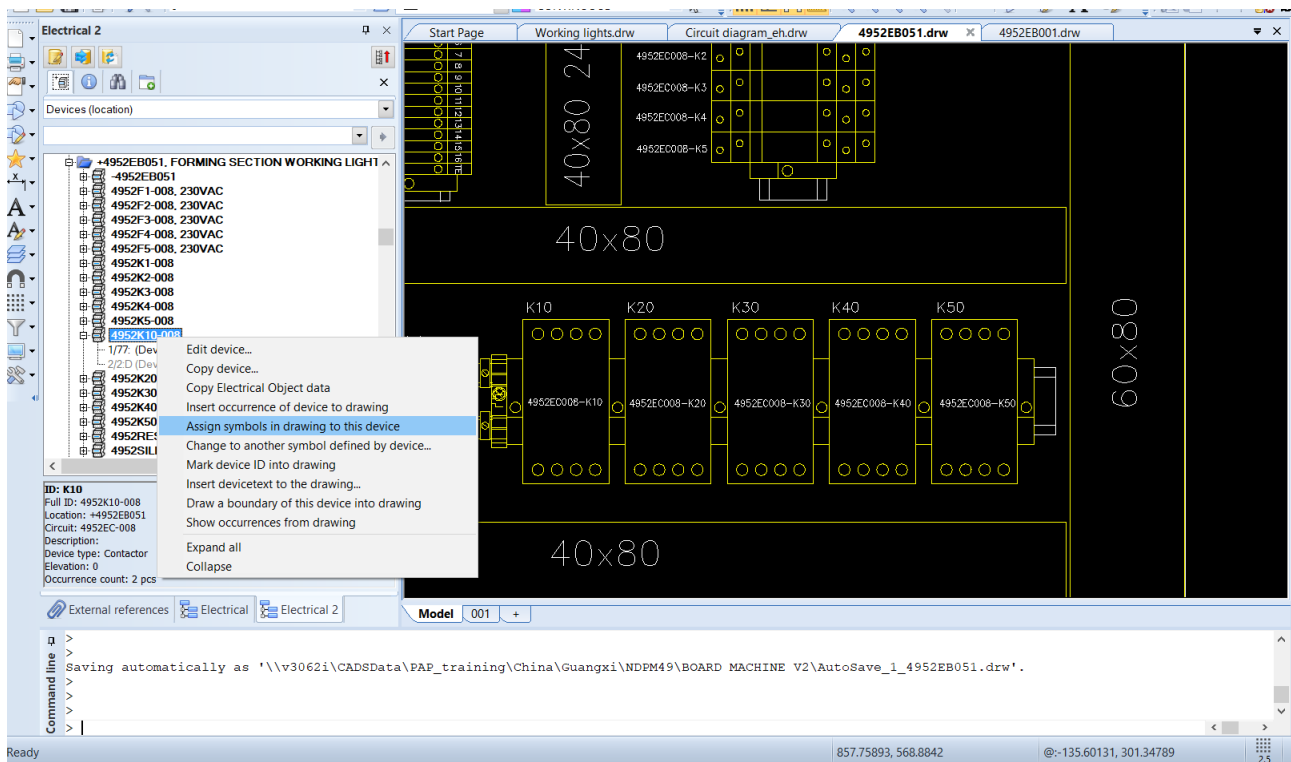
Työvalojen käsinohjauksen piirikaavio on esitetty kuviossa 43. Työvalot on tarvittaessa saatava päälle myös käsin. Tämän takia suunniteltiin erillinen ohjainboxi, jossa on jokaiselle valaisinyhmälle oma painonappinsa. Painonapeilta saadaan tieto järjestelmäkaapissa oleville DI-kortteille. DI-korttien binäärisignaalia voidaan käyttää Valmet DNA-järjestelmän ohjelmoinnissa ja ohjata sen avulla kotelossa 4952EB051 sijaitsevien valaisinyhmien kontaktoreita.



Kuvio 43. Työvalojen käsinohjauksen piirikaavio

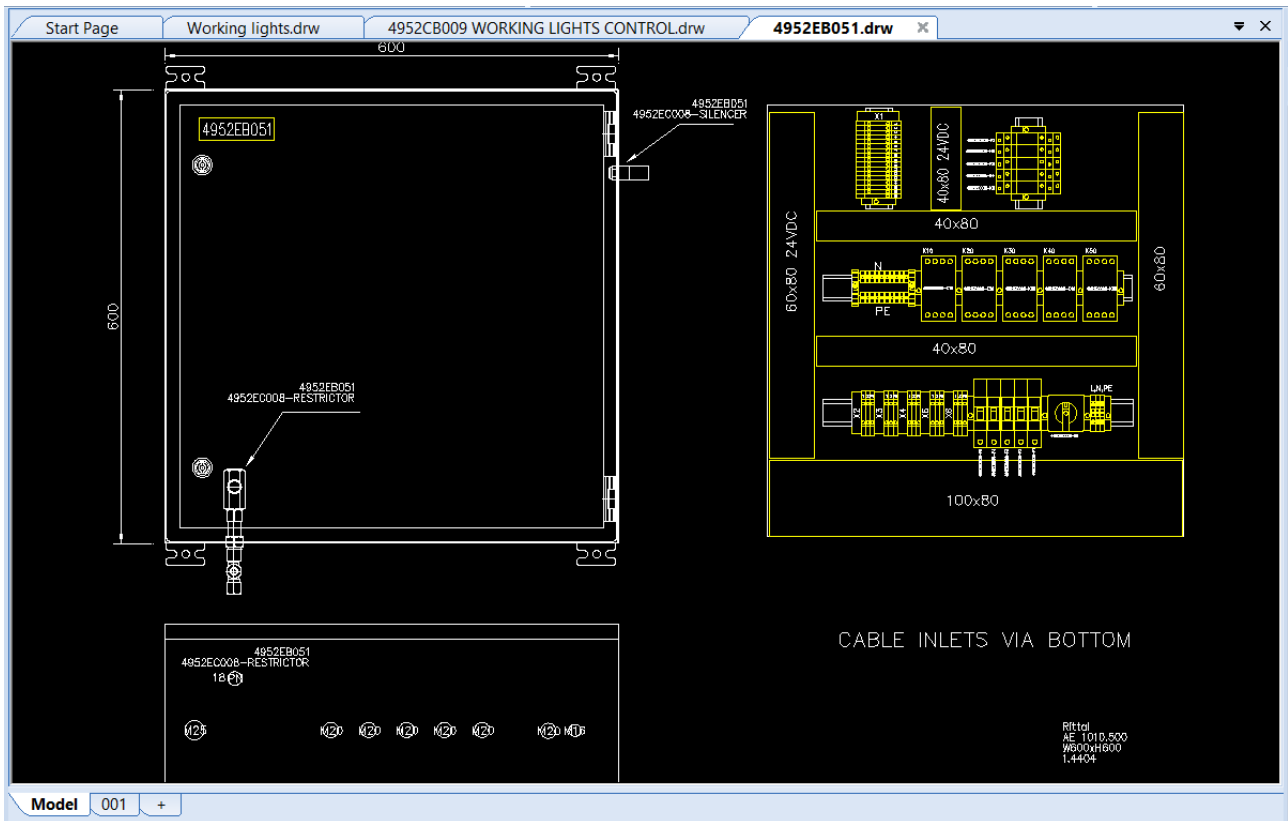
## Kotelon layoutit

Koteloihin mallinnetut sähkökomponentit ovat nimettynä tekstisymbolilla, joka liitetään osaksi DB tietokannassa aikaisemmin luotua laitetta. Tämä tapahtuu etsimällä Cadmatic Draw -ohjelman puumaisenrakenteen Devices (location) alta löytyvä kotelokoko ja sen alle aikaisemmin DB tietokannassa luotu laite (Ks. kuvio 44). Valitun laitteen päältä hiiren oikealla löytyy Assign symbols in drawing to this device. Tämän jälkeen valitaan layout kuvasta komponentin tekstisymboli. Työkalu lisää siten tekstisymbolin osaksi DB-tietokannasta löytyvää laitetta. Assign-työkalu on käytössä myös piirikaavioiden piirtämisen yhteydessä. Tämä mahdollistaa sen, että DB-tietokannassa muutetut tiedot päivittyvät samaan aikaan piirikaavioille sekä layout-kuville.



Kuvio 44. Tekstisymbolin liittäminen

Työvalojen ohjauksen kotelon 4952EB051 malliksi valittiin Rittal AE 1010.500 W600xH600xD120, stainless steel 1.4044 (316 L), IP66. Mallinnukseen löytyi viiraosan dokumenteista valmis kotelon layout, joka kopioitiin ja sitä lähdettiin muokkaamaan työvalojen ohjauksen komponenteille sopivaksi (ks. kuvio 45). Layoutia suunnitellessa otettiin huomioon eri jännitteisten johdotusten kulku. Järjestelmäkaapilta tuleva 24Vdc jännitteinen runkokaapeli kytketään ylhäällä vasemmalla olevaan riviliitinryhmään, jonka edessä sijaitsevat välireleet. Välireleet ohjaavat 230 voltin kontaktoreita, jotka on sijoitettu keskelle. 230 voltin jännitteen syöttöön liittyvät komponentit on sijoitettu kotelon alaosaan. Tällä rakenteella saadaan 24Vdc runkokaapeli vietyä vasemmanpuoleista kaapelikourua pitkin ja 230 voltin jännitteen johdotukset voidaan tehdä oikeanpuoleista kaapelikourua käyttäen.



Kuvio 45. Kotelon layout 4952EB051

## 6.4 Tulokset

Opinnäytetyön kehittämistavoitteina oli kerätä teknistä tietoa valaistuksen suunnitteluun, luoda mallidokumentaatio HW-suunnitteluun ja selvittää projektorin käytön mahdollisuutta. Opinnäytetyön tietoperustaa lähdettiin kokoamaan HW-suunnittelun näkökulmasta. Tietoperustaan saatiin kerättyä tietoa led-tekniikasta ja led-ohjaimien valintaan liittyvistä asioista. Tietoa saatiin myös siitä, mitä kannattaa huomioida suunnitellessa valojen käyttötarkoitusta ja sijoituspaikkaa. Opinnäytetyöhön kuulunut selvitystyö projektorin käytön mahdollisuudesta jäi opinnäytetyön toteutuksesta aikataulusyistä pois. Tärkein ja isoin kehittämistyön tavoite opinnäytetyössä oli HW-suunnittelu mallinnusten tekeminen toiminnalliselle valaistukselle.

### HW-mallinnuksen tulokset

Piirikaavio ja kotelon layout-mallinnuksia on esitelty luvussa 6.3 työn eteneminen. Opinnäytetyössä tehdyn mallinnuksen tuloksena syntyi toiminnallisen valaistuksen konsepti led-nauhojen sekä työvalojen ohjaukselle Valmet DNA-järjestelmällä. Syntyneet dokumentit ovat muokattavissa ja kopioitavissa muille paperikoneen koneosille.

Mallinnuksen tuloksena syntyi kaksi eri toiminnallisen valaistuksen ohjauskonseptia, led-nauhojen sekä työvalojen ohjauksille. Molempien ohjauksien konseptiin suunniteltiin viisi erillistä ohjausta, joiden komponentit sijaitsevat niille nimetyissä kenttäkoteloissa 4952EB050 (Led-nauhat) ja 4952EB051 (Työvalot). Opinnäytetyössä syntyneillä toiminnallisen valaistuksen konsepteilla pystytään ohjaamaan tietty määrä led-nauhaa sekä työvaloja. Ohjaukset varaavat myös IO-kortteja järjestelmäkaapista. Led-nauhoille koteloon jäi varaus myös kuudennelle ohjainpaketille. Työvalojen osalta valaisimia on mahdollista vielä lisätä siitä, mitä opinnäytetyössä suunniteltiin.

### Led-nauhojen ohjaukset 5 kpl

- Yhdellä kenttäkotelossa 4952EB050 sijaitsevalla led-valonohjaimella, voidaan ohjata 7 metriä pitkää led-nauhaa. Kenttäkotelossa on 5 kpl led-valonohjaimia, joilla voidaan ohjata yhteensä 35 metriä eripuolille paperikoneen viiraosaa asennettua led-nauhaa.
- Ohjauksiin tarvitaan 5kpl ACN I/O M80 AO4H mallisia IO-kortteja.

## Työvalojen ohjaukset 5 kpl

- Työvaloille on 5 eri valaisinryhmää, jotka sisältävät jokainen 5kpl työvaloja. Kenttäkoteloon 4952EB051 suunnitelluilla ohjauksilla, voidaan ohjata 25kpl työvaloja.
- Ohjauksiin tarvitaan 1kpl ACN I/O M80 DO8P mallin IO-korttia.
- Valojen käsin päälle ohjaukseen tarvitaan 1kpl ACN I/O M80 DI8P mallin IO-korttia.

Opinnäytetyössä tehdyn HW-suunnittelun tuloksena syntyi suuri määrä Cadmatic DM ohjelmaan tallentuneita raportteja. Raportit kasataan Cadmatic DB -tietokantaan kertyneistä suunnittelun sekä piirikaavioiden ja kotelolayouttien tiedoista. Cadmatic DB -tietokannassa on erillinen raportointityökalu, jonka avulla voidaan kasata tarvittava raportti. Raportit tallentuvat Cadmatic DM -ohjelmaan, mistä niitä on mahdollista tulostaa Cadmatic DM -ohjelman publish-toiminnolla pdf-muotoon. Yksi raportointimalli on kokoava raportti. Raportti kasaa kaikki raportoitavaksi valitun kohteen tiedot yhteen tiedostoon. Kokoavat raportit ovat dokumentteja suunnittelun tarpeisiin sekä kotelovalmistukseen ja kentällä tapahtuvan asennustyön toteuttamiseen. Opinnäytetyöstä syntyneiden raporttien pituudet ovat useamman kymmenen sivun mittaisia. Tämän takia raporteista esitellään liitteissä olevien raportti etulehtien, niin sanottujen sijaintikohtaisten dokumentti-luetteloiden avulla raporttien sisältöä.

Kokoavat raportit tehtiin kaikista opinnäytetyöhön liittyvistä koteloista, kytkentärasioista, työvalojen käsinohjaus kotelosta sekä myös erillinen osaluettelo valaisimista. Sijaintikohtaisia dokumentti-luetteloita ovat led-nauhojen ohjauskotelo 4952EB050 (ks. liite 1), led-nauhojen kytkentärasia 4952JB050 (ks. liite 2), työvalojen ohjauskotelo 4952EB051 (ks. liite 3), työvalojen käsiohjauksen kotelo 4952CB051 (ks. liite 4) sekä osaluettelo valaisimista (ks. liite 5).

Raporttien sisällöt koostuvat dokumenteista, jotka ovat sidoksissa DB-tietokannan kautta kyseisiin koteloihin. Jokainen kokoava raportti sisältää seuraavat dokumentit: piirikaavio sekä kotelolayout kuvat, osaluettelon kotelon komponenteista, johdotustaulukon runko- ja laitekaapeleille sekä kilpi-luettelon. Opinnäytetyössä valmistuneiden raporttien pohjalta pystyttiin pyytämään tarjous koteloiden kustannuksista, sähkökaappeja sekä koteloita varustelevalta yritykseltä. Tarjouksen sisältöä ei opinnäytetyössä käsitellä.



## 7 Pohdinta

Opinnäytetyön kehittämistavoitteina oli kerätä teknistä tietoa valaistuksen suunnitteluun, luoda mallidokumentaatio HW-suunnitteluun ja selvittää projektorin käytön mahdollisuutta.

Tietoperustaa kirjoittaessa esiin nousi valojen sijoittamiseen liittyviä johtopäätöksiä sekä työturvallisuuden kannalta tärkeä huomio, liittyen led-valojen PWM ohjaukseen. Työturvallisuuteen liittyvä asia koskee PWM ohjattujen led-nauhojen sekä myös muiden PWM ohjattavien led-valojen käyttämistä työvaloina sekä niiden mahdollista himmentämistä. PWM tekniikan avulla led-valoja voidaan himmentää. Mikäli led-valoja halutaan käyttää himmennettynä, on hyvä huomioida luvussa 5.3 mainittu stroboskooppinen efekti. Hyvä on huomioida myös paperikoneella käytössä olevat konenäkökamerat sekä paperikoneen prosessia valvovat kamerat, kun mietitään valojen himmennystä ja sen tarpeellisuutta. Hoitosilloille tai koneenrungolle asennetut PWM-ohjatut työvalot, voivat himmennys käytössä aiheuttaa kameroiden kuvaa häiritsevää välkyntää. PWM-tekniikan käyttäminen ei ole mielestäni ongelma, kun on tietoinen sen mahdollisista haittavaikutuksista ja ottaa ne huomioon suunnittelussa.

Vakiovirtaohjauksella varustetut led-valonohjaimet eivät aiheuta samanlaista välkyntään, kuin PWM-ohjaus. Vakiovirtaohjattuja RGBW led-nauhoja ei markkinoilta juurikaan löydy. Valkoista valoa toistavia led-nauhoja kyllä on, mutta suurin osa markkinoilla olevista led-nauhoista on vakiojänniteohjattuja. Opinnäytetyössä käytetyt työvalot ovat Dali- ohjausjärjestelmän kautta himmennettäviä, joten niitä ei pystytä Valmet DNA-järjestelmällä himmentämään. Opinnäytetyössä valmistunut työvalojen päälle/pois ohjaaminen Valmet DNA-järjestelmän kautta, antaa mielestäni mahdollisuuksia miettiä toiminnallisuutta työvalojen osalta.

Opinnäytetyölle asetetut tavoitteet saavutettiin muilta osin paitsi projektorin käytön mahdollisuutta ei tässä opinnäytetyössä aikataulullisesti keretty käsitellä. Opinnäytetyö oli aiheen laajuudeltaan ilman projektorin käytön selvittämistäkin varsin laaja. Projektorin käytön selvittämistyön jättämisestä pois, keskusteltiin toimeksiantajan kanssa ja todettiin sen olevan perusteltua.

Tavoitteisiin asetettu HW-suunnittelun mallidokumentaatioiden luominen saavutettiin opinnäytetyössä. Mallinnuksen tuloksena syntyi toiminnallisen valaistuksen ohjauskonsepti led-nauhoille sekä työvaloille. Syntyneet dokumentit ovat muokattavissa ja kopioitavissa myös muille projekteille. Toiminnallisen valaistuksen konseptien käytännön testaamista ei ole tehty muutoin kuin led-nauhojen ohjaukseen insinööritoimisto Huldilla tehdyn prototyypin pohjalta. Työvalojen ohjausta ei ollut testattu opinnäytetyön kirjoitus hetkellä.

Opinnäytetyössä syntyneillä toiminnallisen valaistuksen konsepteilla on mahdollista lähteä kehittämään toiminnallista valaistusta eteenpäin. Jatko kehityksen kannalta olisi mielestäni hyvä jatkaa kehittämällä Valmet DNA-järjestelmän ohjelmallista puolta toiminnallisille valaistuksille. Ohjelmallinen puoli sekä toiminnallisella valaistuksella toteutettavat toiminnalliset ominaisuudet ovat seuraava kehityksen kohde. Tässä opinnäytetyössä oli tarkoitus toteuttaa tekniset valmiudet toiminnallisen valaistuksen toteuttamiselle Valmet DNA-järjestelmällä. Kyseessä on uusi tekninen kokonaisuus Valmetin toimittamiin paperi- ja kartonkikoneisiin. Mielestäni em. takia olisi hyvä rakentaa testausympäristö, minkä avulla valaistuksia voitaisiin testata ja kehittää sekä varmistua valaistuksen toimivuudesta. Valmet DNA-järjestelmän ohjelma kehityksen ja testausympäristön rakentamisesta saataisiin mielestäni hyvä opinnäytetyön aihe.

## Lähteet

ACN I/O M80. 2020. Myyntiesite Valmet intrasta. Viitattu 11.11.2022. <https://valmet.my.salesforce-sites.com/solutionfinderintranet/sfc/servlet.shepherd/version/download/0684K000007ZOVTQA4>

AO4H. N.d. Tekninen käsikirja Valmetin intra sivuilta. Viitattu 11.11.2022. [http://tres50093/eman/dna/dna\\_fi/acn\\_io/m80/ao4h.pdf](http://tres50093/eman/dna/dna_fi/acn_io/m80/ao4h.pdf)

All about 0-10v control for leds. N.d. Artikkelit Future House Store yrityksen www-sivuilta. Viitattu 14.10.2022. <https://futurehousestore.co.uk/all-about-0-10v-control-for-leds>

Constant voltage or constant current led driver. N.d. Artikkelit Power Supplies Australia yrityksen www-sivuilta. Viitattu 14.10.2022. <https://www.power-supplies-australia.com.au/blog/constant-voltage-or-constant-current-led-driver>

Constant Voltage vs Constant Current Led Drivers. 2021. Tietoa uPowerTek yrityksen www-sivuilta. Viitattu 9.10.2022 [https://www.upowertek.com/constant-current-vs-constant-voltage/#uPower-Teks CC and CV Drivers](https://www.upowertek.com/constant-current-vs-constant-voltage/#uPower-Teks_CC_and_CV_Drivers)

Dali- standardisoitu digitaalinen valonohjausprotokolla. N.d. Tietoa Dali järjestelmästä Fagerhult yrityksen www- sivuilta. Viitattu 26.9.2022. <https://www.fagerhult.com/fi/valonohjaus/e-sense-customised/dali/>

DI8P. N.d. Tekninen käsikirja Valmetin intra sivuilta. Viitattu 11.11.2022. [http://tres50093/eman/dna/dna\\_fi/acn\\_io/m80/di8p.pdf](http://tres50093/eman/dna/dna_fi/acn_io/m80/di8p.pdf)

DO8P. N.d. Tekninen käsikirja Valmetin intra sivuilta. Viitattu 11.11.2022. [http://tres50093/eman/dna/dna\\_fi/acn\\_io/m80/do8p.pdf](http://tres50093/eman/dna/dna_fi/acn_io/m80/do8p.pdf)

EL2564. 2021. Tekninen opas plc- logiikka valmistajan Beckhoff www- sivuilta. Viitattu 30.9.2022. <https://download.beckhoff.com/download/document/io/ethercat-terminals/el2564en.pdf>

Esitysvalaistusten suunnittelu- ja toteutusratkaisuja. 2021. St- kortti Sähköinfo Severi www-sivuilta. Viitattu 23.10.2022. <https://severi.sahkoinfo.fi/item/8145?search=st%2058.17>

Grow with biofore. 2015. Ympäristöselonteko UPM yrityksen sivuilta. Viitattu. 30.10.2022. [https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahU-KEWjj646W44f7AhVxposKHcJVD1k4ChA-WegQICBAB&url=https%3A%2F%2Fwww.upm.com%2Fsiteassets%2Fdocuments%2Fresponsibility%2F1-fundamentals%2Femas-reports%2Fpulp-and-paper-mill-specific-emas-statements%2F2015%2Fupm-globalemas2015-fi.pdf&usg=AOvVaw35clOrRdApY7i\\_03u-m7wm](https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahU-KEWjj646W44f7AhVxposKHcJVD1k4ChA-WegQICBAB&url=https%3A%2F%2Fwww.upm.com%2Fsiteassets%2Fdocuments%2Fresponsibility%2F1-fundamentals%2Femas-reports%2Fpulp-and-paper-mill-specific-emas-statements%2F2015%2Fupm-globalemas2015-fi.pdf&usg=AOvVaw35clOrRdApY7i_03u-m7wm)

Himentäminen yleisesti. N.d. Artikkelit Valokas yrityksen www- sivuilta. Viitattu 11.10.2022. <https://valokas.fi/himentaminen-yleisesti/>

How designers can use flicker-safe dimming. N.d. Artikkele Eldoled yrityksen sivuilta. Viitattu 24.11.2022. <https://eldoled.com/insights/how-designers-can-use-flicker-safe-dimming>

How do RGB leds work. 2019. Artikkele Random nerds tutorials www- sivuilta. Viitattu 2.10.2022. <https://randomnerdtutorials.com/electronics-basics-how-do-rgb-leds-work/>

Hägglom-Ahnger U & Komulainen P. 2006. Paperin ja kartongin valmistus. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

KR4- I/U. N.d. Datasheet Tem yrityksen www-sivuilta. Viitattu 17.11.2022 <https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahU-KEwjhmYzlitv7AhUMtosKHWm9DZQQFnoECBcQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.tme.eu%2FDocument%2F39df9ff09872c4fc17128bac063bfe2a%2FConverter%2520KR4%2520IU%2520-%2520Data%2520Sheet.pdf&usg=AOvVaw1NzAWp1ciOaMD3juiH5JBj>

Led control with ethercat and bus terminals. 2020. Ohjeita led-valojen ohjaukseen Beckhoff yrityksen manuaali. Viitattu 6.11.2022.

[https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiN4bji-Zn7AhUi-xosKHV0XCK4QFnoECAwQAQ&url=https%3A%2F%2Fdownload.beckhoff.com%2Fdownload%2Fdocument%2Fapplication\\_notes%2FDK9222-0620-0065.pdf&usg=AOvVaw0N32gLNIS8tYmdN4RjpOnj](https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiN4bji-Zn7AhUi-xosKHV0XCK4QFnoECAwQAQ&url=https%3A%2F%2Fdownload.beckhoff.com%2Fdownload%2Fdocument%2Fapplication_notes%2FDK9222-0620-0065.pdf&usg=AOvVaw0N32gLNIS8tYmdN4RjpOnj)

Led himmennin yksikanavainen Din kiskoon. N.d. Tuotetietoa Radioduo.fi yrityksen www- sivuilta. Viitattu 7.10.2022. <https://www.radioduo.fi/led-himmennin-yksikanavainen-din-kiskoon/p/CHLSC11/>

Lighting control technologies: Dimming led lights with PWM, CCR, DALI, DMX, 0-10V. N.d. Artikkele Lighting manufacturer yhdistyksen www-sivuilta. Viitattu 24.11.2022. <https://www.manufacturer.lighting/info/190/>

Nicholas Brown. 2021. Introduction To PWM: How Pulse Width Modulation Works. Artikkele Kompulsa www-sivuilta. Viitattu 6.11.2022. <https://www.kompulsa.com/introduction-pwm-pulse-width-modulation-works/>.

Ojasalo, K., Moilanen, T. & Ritalahti, J. 2015. Kehittämistyön menetelmät: uudenlaista osaamista liiketoimintaan. 3.–4. painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Osram rgbw led- siru. N.d. Tuotetietoa GMKJ yrityksen www- sivuilta. Viitattu 30.9.2022. <https://fi.gmleds.com/high-power-led/rgb-led-chip/osram-rgbw-led-chip-4-in-1.html>

Pic pwm. N.d. Artikkele TronicsBench yhdistyksen www- sivuilta. Viitattu 6.11.2022. <https://www.best-microcontroller-projects.com/pwm-pic.html>

Salonen J. 2022. Brand Illumination. Powerpoint luentomateriaali. Viitattu 10.11.2022

SR-2002DIN User Manual. N.d. Datalehti Sunricher yrityksen www-sivuilta. Viitattu 18.11.2022. [https://www.sunricher.com/din-rail-0-1-10v-led-dimmer-switch-sr-2002din.html#product\\_tabs\\_resources](https://www.sunricher.com/din-rail-0-1-10v-led-dimmer-switch-sr-2002din.html#product_tabs_resources)

Tehokas RGB Led chip. N.d. Tuotetietoa GMKJ yrityksen www- sivuilta. Viitattu 2.10.2022. <https://fi.gmleds.com/high-power-led/rgb-led-chip/high-power-rgb-led-chip-6-pins-for-flood.html>

Understanding led drives. 2014. Artikkelit 1000 Bulbs yrityksen www- sivuilta. Viitattu 7.10.2022 <https://www.1000bulbs.com/pdf/understanding-led-drivers.pdf>

Vakiovirtaohjaus. N.d. Artikkelit Valokas yrityksen www- sivuilta. Viitattu 11.10.2022. <https://valokas.fi/cc-ohjaus/>

Valmet liiketoiminnot. 2022. Tietoa Valmetin liiketoiminnoista yrityksen www- sivuilla. Viitattu 12.9.2022. <https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/valmet-lyhyesti/liiketoiminnot/>

Valmet DNA technical overview. 2022. Esite Valmetin intranetista. Viitattu 28.9.2022. <https://valmetsites.secure.force.com/solutionfinderintranet/sfc/servlet.shepherd/version/download/0684K00000Bq7U9QAJ>

Valmet yrityksenä. N.d. Tietoa Valmetista yrityksen www- sivuilla. Viitattu 12.9.2022. <https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/>

Valaistusohjelmat digitaalisella multiplexillä DMX. N.d. Tietoa DMX valaistuksesta Wagon www- sivuilla. Viitattu 27.9.2022. <https://www.wago.com/fi/dmx>

What is dimming for led driver. N.d. Tietoa uPowerTek yrityksen www-sivuilta. Viitattu 6.11.2022. [https://www.upowertek.com/what-is-pwm-dimming/#uPowerTek\\_A\\_Reliable\\_Provider\\_of\\_PWM\\_LED\\_Dimming\\_Driver](https://www.upowertek.com/what-is-pwm-dimming/#uPowerTek_A_Reliable_Provider_of_PWM_LED_Dimming_Driver)

What you need to know before your next design. N.d. Artikkelit Power electronics news lehden www-sivuilta. Viitattu 24.11.2022 <https://www.powerselectronicsnews.com/what-you-need-to-know-before-your-next-led-design/>

# Liitteet

## Liite 1. Kotelon 4952EB050 raportin etulehti



LIST OF LOCATION DOCUMENTS

10029.00

DCC: &EAB

4952EB050 FORMING SECTION LIGHT SYSTEM

BOARD MACHINE  
FORMING SECTION  
BOARD MACHINE

+4952EB050

Date	Name	Revision	Rev.							
			00							
Document ID	Customer	Sheet	Circuit / Location	Document	Appl area	Qty	Logi	Size	Revision Date	Nbr
10002	Valmet	1,2,3,4,5,6	4952EC007	CIRCUIT DIAGRAM / LIGHT	EH			A3x1		
10009			4952EB050	ARRANGEMENT DRAWING BOX / FORMING SECTION LIGHT SYSTEM	EH			A3x1		00
10011			4952EB050	PARTS LIST BOX / FORMING SECTION LIGHT SYSTEM	EH			A4x1		00
10017			4952EB050	TERMINAL CONNECTION LIST / FORMING SECTION LIGHT SYSTEM	EH			A4x1		00
10037			4952EB050	LABEL LIST / FORMING SECTION LIGHT SYSTEM	EH			A4x1		00
	RAU4EE9749			Name Plate Standard						
	RAU4ED0982			Electrification Instruction						



LIST OF LOCATION DOCUMENTS  
/

10030.00

DCC: &EAB

4952JB050 CONNECTION TO LED STRIPES

BOARD MACHINE  
FORMING SECTION  
BOARD MACHINE

+4952JB050

Date	Name	Revision	Sheet	Circuit / Location	Document	Appl area	Qty	Logi Size	Rev.	
									Date	Nbr
	Valmet		2	4952EC007	CIRCUIT DIAGRAM / LIGHT	EH		A3x1		00
	10004	4952JB050		4952JB050	ARRANGEMENT DRAWING BOX / CONNECTION TO LED STRIPES	EH		A3x1		
	10012	4952JB050		4952JB050	PARTS LIST BOX / CONNECTION TO LED STRIPES	EH		A4x1		00
	10018	4952JB050		4952JB050	TERMINAL CONNECTION LIST / CONNECTION TO LED STRIPES	EH		A4x1		00
	10039	4952JB050		4952JB050	LABEL LIST / CONNECTION TO LED STRIPES	EH		A4x1		00
	RAU4EE8749				Name Plate Standard					
	RAU4ED0982				Electrification Instruction					

Liite 2. Kytkentärasian 4952JB050 raportin etulehti

# Liite 3. Kotelon 4952EB051 raportin etulehti



LIST OF LOCATION DOCUMENTS  
/

10053.00

DCC: &EAB

4952EB051 FORMING SECTION WORKING LIGHTS

BOARD MACHINE  
FORMING SECTION  
BOARD MACHINE

+4952EB051

Date	Name	Revision		Document	Appl area	Qty	Logj	Size	Revision	
		Circuit / Location	Sheet						Date	Nbr
	Valmet									
	10010	4952EC008	1,2,3,4,5,6	CIRCUIT DIAGRAM / WORKING LIGHTS	EH			A3x1		
	10044	4952EB051		ARRANGEMENT DRAWING BOX / FORMING SECTION WORKING LIGHTS	EH			A3x1		
	10047	4952EB051		PARTS LIST BOX / FORMING SECTION WORKING LIGHTS	EH			A4x1		00
	10049	4952EB051		TERMINAL CONNECTION LIST / FORMING SECTION WORKING LIGHTS	EH			A4x1		00
	10051	4952EB051		LABEL LIST / FORMING SECTION WORKING LIGHTS	EH			A4x1		00
	RAU4EE9749			Name Plate Standard						
	RAU4ED0982			Electrification Instruction						





LIST OF LOCATION DOCUMENTS

10052.00

DCC: &EAB

4952CB051 WORKING LIGHT MANUAL CONTROLLING

FORMING SECTION  
BOARD MACHINE

+4952CB051

Date	Name	Revision	Rev.						
			00						
Document ID	Sheet	Circuit / Location	Document	Appl area	Qty	Logj	Size	Revision Date	Nbr
Customer									
Valmet									
10010	7	4952EC008	CIRCUIT DIAGRAM / WORKING LIGHTS	EH			A3x1		
10045		4952CB051	ARRANGEMENT DRAWING OPERATING STATION / WORKING LIGHT MANUJEH	EH			A3x1		
10046		4952CB051	PARTS LIST OPERATING STATION / WORKING LIGHT MANUAL CONTROLLING	EH			A4x1		00
10048		4952CB051	TERMINAL CONNECTION LIST / WORKING LIGHT MANUAL CONTROLLING	EH			A4x1		00
10050		4952CB051	LABEL LIST / WORKING LIGHT MANUAL CONTROLLING	EH			A4x1		00
			Name Plate Standard						
			Electrification Instruction						

# Liite 5. Valaisimien osaluettelo 4952FDG204



PARTS LIST FIELD

10035.00

DCC: &EPB

ELECTRICAL HARDWARE  
4952FDG204 LIGHTING FIELD DEVICES

BOARD MACHINE  
FORMING SECTION  
BOARD MACHINE

Date	Name	Revision	Manufacturer	Qty	InvUnit	Logi	S	Positions	Rev.
VAL0445060	<b>ItemTitle</b> LIGHT FIXTURE DAVI DN21X300DA IP65 78W 78 W, LED, IP65, 220-240 V AC/DC, 4000K, 12900 lm, Cover: Acrylic (PMMA), Body: Polyester-coated aluminium, RAL		I-Valo	15	pc			4952EC008-E10, 4952EC008-E11, 4952EC008-E12, 4952EC008-E20, 4952EC008-E21, 4952EC008-E22, 4952EC008-E30, 4952EC008-E31, 4952EC008-E32, 4952EC008-E40, 4952EC008-E41, 4952EC008-E42, 4952EC008-E50, 4952EC008-E51, 4952EC008-E13, 4952EC008-E14, 4952EC008-E23, 4952EC008-E24, 4952EC008-E33, 4952EC008-E34, 4952EC008-E43, 4952EC008-E44, 4952EC008-E53, 4952EC008-E54	00
VAL0445061	<b>ItemTitle</b> LIGHT FIXTURE DAVI DN21M300DA IP65 78W 78 W, LED, IP65, 220-240 V AC/DC, 4000K, 13700 lm, Cover: Acrylic (PMMA), Body: Polyester-coated aluminium, RAL		I-Valo	10	pc				
VAL0483121	<b>ItemTitle</b> LED STRIP LS PFM-1000/RGBW/865/5/IP66, 4058075436237 24 VDC, LED, L=5m, 6982 lm.(1008.lm/m), 97.W.(19.4 W/m)		Ledvance	5	pc			4952EC007-E10, 4952EC007-E20, 4952EC007-E30, 4952EC007-E40, 4952EC007-E50	