



Volvo 9700 DD virta- ja maajohtimien suunnittelu ja dokumentointi

Waltteri Valkeapää

Opinnäytetyö, AMK

Syyskuu 2024

Insinööri (AMK), sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

Valkeapää, Walteri

Volvo 9700 DD virta- ja maajohtimien suunnittelu ja dokumentointi

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. **Syyskuu 2024**, 48 sivua.

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

Tiivistelmä

Virta- ja maajohtimet ovat olennaiset ja välttämättömät osat linja-autoissa. Virta- ja maajohtimien tulee olla oikein suunniteltu, mitoitettu ja dokumentoitu, jotta voidaan taata linja-auton sähköjärjestelmän toimivuus. Linja-autoissa alustan ja korin välillä kulkee paksuja virta- ja maajohtimia, jotka syöttävät virtaa linja-autokorin eri laitteistoille. On siis välttämätöntä, että linja-auton valmistuksessa johtimet on oikein suunniteltu ja dokumentoitu.

Opinnäytetyössä tavoitteena oli luoda toimeksiantajayrityksen valmistamaan Volvo 9700 DD linja-autoon uudet virta- ja maajohtimet. Toimeksiantaja halusi parantaa virta- ja maajohtimien suunnitelmia, dokumentaatiota ja asennettavuutta sekä kehittää johtimien valmistusta mahdollisimman kustannustehokkaaksi.

Toteutus opinnäytetyössä tapahtui tutkimuksellisenä kehittämistyönä. Aineistoa hankittiin etsimällä kirjallisuutta ja oppikirjoja ajoneuvojen sähkötekniikasta. Työn aikana aineistoa kerättiin työskentelemällä toimeksiantajan tuotannossa sekä haastattelemalla toimeksiantajan työntekijöitä. Kerättyä materiaalia hyödynnettiin uusien suunnitelmien ja dokumenttien valmistuksessa.

Tuloksina saatiin toimeksiantajalle uudet virta- ja maajohtimien suunnitelmat sekä -dokumentaatiot. Suunnitellut johtimet ovat kustannustehokkaita, helposti asennettavia ja kehittävät tuotantolinjanopeutta. Valmistus onnistuttiin ulkoistamaan toimeksiantajalta alihankkijalle, mikä parantaa johtimien laatua ja nopeuttaa asennettavuutta. Työn aikana onnistuttiin löytämään myös uusi kehityskohde, jonka toteuttaminen aloitettiin toimeksiantajalla.

Avainsanat (asiasanat)

Ajoneuvosähköjärjestelmä, Virtajohdin, Maajohtimet

Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)

-

Valkeapää Waltteri

Design and documentation of Volvo 9700 DD current and ground wires

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, September 2024, 48 pages.

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

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

Abstract

Power and ground wires are an essential and necessary part of coaches. The power and ground wires must be properly designed, sized, and documented to ensure the functionality of the coach's electrical system. Thick power and ground wires run between the chassis and the body of the coach supplying power to the various electrical systems in the coach body. Therefore, it is crucial that the wires used in coach manufacturing are correctly designed and documented.

The aim of this thesis was to create new power and ground wires for the Volvo 9700 DD coach which are manufactured by the client company. The client company wanted to improve the design, documentation and installability of the power and ground wires as well as develop the manufacturing process to be as cost-efficient as possible.

The thesis was implemented as research and development work. Data was collected by searching literature and textbooks about vehicle electrical systems. During the project additional data was gathered by working in the client company's production and by interviewing employees. The collected material was utilized in the creation of new plans and documentation.

As a result of this project the new power and ground wires were designed and documented for the client's company. The designed wires are cost-efficient, easy to install, and improving production line speed. Manufacturing was successfully outsourced to a subcontractor which improve the quality of the wires and speeds up their installation. During the project, a new area for development was also identified, and its implementation was initiated by the client company.

Keywords/tags (subjects)

Vehicle electrical system, Power wire, ground wire

Miscellaneous (Confidential information)

-

Sisältö

1	Johdanto	4
1.1	Tausta, tavoitteet ja rajaukset opinnäytetyölle	4
1.2	Carrus Delta Oy	5
2	Nykypäivän tuotteet	6
2.1	Volvo 9700.....	6
2.2	Volvo 9700 DD.....	8
3	Suunnittelijan työkalut	9
3.1	Vertex ED.....	9
3.2	Johdinsarjasuunnittelu ja -valmistus.....	9
3.3	Lean System.....	10
4	Sähköjärjestelmä	10
4.1	Sähköjärjestelmän perusta.....	10
4.2	Yksi- tai kaksijohdinjärjestelmä	11
4.3	Maadoitus	12
4.4	Johdinjärjestelmä ja johtimet	12
4.5	Väylätekniikka	13
4.6	Johtimiin vaikuttavat määräykset	13
5	Johtimien valinta ja liitokset	16
5.1	Perusteet valinnalle.....	16
5.2	Käytettävä johdintyyppi	16
5.3	Mitoitus	16
5.4	Johtimien liitokset	18
6	Toteutus	18
6.1	Pohjatieto	18
6.2	Tutkimuksellinen kehittämistyö	19
6.3	Tiedonhaku tietoperustaan.....	20
6.4	Käytettävän aineiston keräys ja perehtyminen	20
6.5	Johtimien suunnittelu ja dokumentointi.....	24
6.5.1	Keulalle vedettävien johtimien dokumentointi.....	25
6.5.2	Takapään johtimet	26
6.6	Suunnittelun ja dokumentoinnin jälkeen.....	28
7	Tulokset	28
7.1	Johtimien alihankinta	29

7.2	Asennettavuus.....	30
7.3	Dokumentaatio ja nimikkeet.....	30
8	Pohdinta.....	30
	Lähteet	32
	Liitteet	34
	Liite 1. 24513564.....	34
	Liite 2. 24513569.....	34
	Liite 3. 24513567.....	35
	Liite 4. 24820266.....	35
	Liite 5. 24513572.....	36
	Liite 6. 24820268.....	36
	Liite 7. 24513570.....	37
	Liite 8. 24820267.....	37
	Liite 9. 24513580.....	38
	Liite 10. 2482072.....	38
	Liite 11. 24816773.....	39
	Liite 12. 24513581.....	39
	Liite 13. 24820273.....	40
	Liite 14. 24816774.....	40
	Liite 15. 24513574.....	41
	Liite 16.24820269.....	41
	Liite 17. 24513576.....	42
	Liite 18. 24820270.....	42
	Liite 19. 24513579.....	43
	Liite 20. 24820271.....	43
	Liite 21. Power Supply Battery.....	44
	Liite 22. Rakennetiedote	45
	Kuviot	
	Kuvio 1. Volvo 9700 DD VIP sisustaa.....	6
	Kuvio 2. Volvo 9700.....	7
	Kuvio 3 Volvo 9700 DD.....	8
	Kuvio 4. Yksi- ja kaksijohdinjärjestelmä	11
	Kuvio 5. Mitoitus nomogrammi	17

Kuvio 6. Lean System toiminnanohjausjärjestelmästä löytyvät nimikkeet	21
Kuvio 7. Esimerkki vanhasta piirustuksesta	21
Kuvio 8. Power Supply Battery.....	22
Kuvio 9. Johtimien valmistuspiste.....	23

1 Johdanto

1.1 Tausta, tavoitteet ja rajaukset opinnäytetyölle

Linja-autot tarvitsevat toimiakseen oikean määrän oikean kokoisia ja pituisia virta- ja maajohtimia, jotka ovat perustana linja-auton sähköjärjestelmälle. Linja-auton malli sekä varustelun taso vaikuttavat kyseisiin tekijöihin ja variaatioihin näistä johtimista. Tässä opinnäytetyössä perehdytään ja suunnitellaan linja-auton koreja kehittävän ja valmistavan Carrus Delta Oy:n valmistaman Volvo 9700 DD linja-autokorin virta- ja maajohtimet. Uudet johtimet suunnitellaan Volvon uudelle alustalle B13RLE. Toimeksiantajana toimii Carrus Delta Oy, jolla on tarve saada edellä mainittuun malliin uudet virtajohtimien suunnitelmat, sekä niiden kustannustehokas valmistusratkaisu. Carrus Delta Oy on aikaisemmin valmistanut 9700 DD mallia Volvon B11RLE-alustalle, jolle myös edelliset johtimien suunnitelmat ja dokumentaatiot pohjautuvat. Toimeksiantajan aikaisemmat suunnitelmat ja dokumentaatiot ovat kuitenkin olleet puutteelliset, eikä niillä olla esimerkiksi aikaisemmin toteutettu johtimien tilausta alihankintana. On myös huomioitava se, että johtimet on tähän mennessä valmistettu aina tilauskohtaisesti toimeksiantajan omissa tiloissa. Aihe on toimeksiantajalle todella merkittävä, koska työn onnistuessa toimeksiantaja tulee säästämään kustannuksissa välittömästi.

Tavoitteena kehittämistyössä on saada virta- ja maajohtimista mahdollisimman yhteensopivat eri mallivariaatioihin, joita 9700 DD:stä valmistetaan, sekä saada virtajohtimista mahdollisimman helpposti ja nopeasti asennettavia. Virta- ja maajohtimien yhteensopivuudella mahdollisimman monen mallivariaatioon pyritään vaikuttamaan kustannustehokkuuteen, nopeuttamaan tuotantolinjaston tuotantotahtia, sekä luomaan helppo rakenneratkaisu. Merkittävänä tavoitteena on myös saada ratkaisu johtimien kustannustehokkaaseen valmistamiseen eli toteutetaanko johtimien valmistus jatkossakin toimeksiantajalla vai alihankintana. Suunniteltavat johtimet tullaan myös suunnittelemaan siten, että EU:n laatimien M3-luokan ajoneuvojen säännökset toteutuvat.

Työ toteutetaan tutkimus- ja kehitystyönä, jossa tullaan suunnittelemaan ajankohtaisten tarpeiden ja vaatimusten mukaiset virta- ja maajohtimet. Työ tullaan aloittamaan tutkimalla vanhoja B11RLE:n virta- ja maajohtimipiirustuksia, tuotenimikkeitä ja perehtymällä teoriaan. Opinnäytetyön teoriaosuudessa tullaan käsittelemään yleisesti linja-auton sähköjärjestelmää, jonka toiminta perustuu nykypäivänä väylätekniikkaan. Tosin tässä työssä ei tulla perehtymään syvällisesti väylätek-

niikkaan, johdinsarjoihin tai muihin yleisiin linja-auton sähköjärjestelmän rakenneseisiin. Tavoitteena on kuitenkin tarkastella näitä lyhyesti, jotta lukijan on helpompi ymmärtää suunniteltavien virta- ja maajohtimien merkittävyys.

1.2 Carrus Delta Oy

Carrus Delta Oy on linjaliikenne- ja turistibussien koreja kehittävä ja valmistava yritys, jonka tehdas sijaitsee Liedossa. Carrus Delta Oy toimii tiiviissä yhteistyössä Volvo Bussar Ab:n kanssa. Jälkimmäisistä ja myynnistä vastaa Volvo. (Carrus Delta n.d.)

Carrus Delta Oy on alkujaan perustettu vuonna 1935, kun joukko liikennöitsijöitä päätti aloittaa linja-autokorituotannon. Vuonna 1936 osakeyhtiö Autokori rekisteröitiin ja alkuperäisen osakeyhtiön koritehdas perustettiin Turun kaupungilta vuokratulle Pispalan pellolle. Autokori Oy:n tehdas Turussa ja nykyisellä sijainnillaan Liedossa on vuosien varrella tunnettu tähän päivään mennessä muutamilla eri nimillä. Edellisiä nimiä on ollut muun muassa Oy Delta Plan AB, Carrus Oy, Volvo Bus Finland Oy ja nykyinen Carrus Delta Oy. Nykyiselle sijainnilleen Lietoon koritehdas on muuttanut vuonna 1973. (Carrus Delta n.d.)

Koritehtaan Lietoon muuttamisen myötä nimi vaihtui Autokori Oy:stä Oy Delta Plan Ab:ksi. Lietoon muuttaminen ja uusi koritehdas kasvattivat tuotantomääriä ja uusien mallien myötä vientiosuus ulkomaille kasvoi. Vuonna 1976 Liedossa valmistettiin 246 linja-autoa, mikä on ennätysellinen luku. Oy Delta Plan Ab sai kansainvälisiä palkintoja muun muassa Ranskan bussinäyttelystä. (Carrus Delta n.d.)

Vuosien varrella Autokori Oy koki monia omistajanvaihdoksia ja lukuisia erilaisia linja-automalleja. Kuitenkin vuonna 2008 ryhmä suomalaisia sijoittajia ja Volvo Bus Corporationin Suomen johtajia osti Volvo Bus Finland Oy:n Liedon tehtaan ja sen liiketoiminnan. Tässä omistajanvaihdoksessa yritys nimettiin Carrus Delta Oy:ksi. Viimeisin omistajanvaihdos tapahtui vuonna 2022, kun yrityksessä olevat johtohenkilöt päättivät ostaa yhtiön koko osakekannan. (Carrus Delta n.d.)

2 Nykypäivän tuotteet

Carrus Deltalla on yli 85 vuoden kokemus linja-autokorien valmistuksesta. Vuosien varrelle mahtuu monia eri malleja, mutta nykypäivänä Carrus Delta Oy on erikoistunut valmistamaan Volvo 9700 yksikerros linja-autoa ja Volvo 9700 DD kaksikerros linja-autoa. (Carrus Delta n.d.)

Carrus Delta on laatinut valmistukselleen kulmakivet, joita ovat laatu, turvallisuus, asiakaslähtöisyys ja ympäristö. Carrus Delta on näiden kulmakiviensä mukainen valmistaja ja sen huomaa asiakaslähtöisyydestä. Carrus Delta muun muassa valmistaa ambulanssibusseja, tavaraperäbusseja, sekä VIP- ja konferenssibusseja, mitkä vaativat tarkkaa yhteistyötä asiakkaan kanssa. (Carrus Delta n.d.)



Kuvio 1. Volvo 9700 DD VIP sisustaa

2.1 Volvo 9700

9700 malli on turistiliikenteeseen tarkoitettu linja-auto. Se on muun muassa palkittu Coach of the Year – palkinnolla. Palkinto on ansaittu, koska valinnassa on muun muassa korostettu hyviä ominaisuuksia, jotka palvelevat matkustajia. Yksi merkittäviä tekijöitä ansioitumiselle on matkustajalle tarjottu hyvä näkyvyys matkustamosta, oli matkustajan sijainti ajoneuvossa mikä tahansa. 9700

varustellaan hyvillä istuimilla ja turvavöillä, joilla pyritään takaamaan matkustajalle matkustusmukavuus ja -turvallisuus. (Carrus Delta n.d.)

9700 mallia valmistetaan kolmella eri korkeudella, sekä 2- ja 3-akselisena. Näiden kolmen eri korkeuden mallimerkinnot ovat 9700 S, 9700 H ja 9700 HD. Edellä mainitut mallit ovat saatavilla Volvon uudelle alustalle B13R, joka korvasi B11R-alustan. Koria on valmistettu ja voidaan valmistaa myös B8R-alustalle. Autojen pituudet vaihtelevat asiakkaan toiveiden mukaisesti 10,7 m ja 15 m välillä. (Carrus Delta n.d.)



Kuvio 2. Volvo 9700

2.2 Volvo 9700 DD

Volvo 9700 DD on Volvon 9700 mallisarjan kaksikerroksinen linja-automalli. Numerosarjan 9700 perässä oleva DD tulee sanoista Double-Decker eli kaksitasoinen. Tätä mallia rakennetaan 4 m ja 4,25 m korkeudella ja pituuksia on valittavissa 13,0–14,8 metrin välillä. (Volvo 2024.)



Kuvio 3 Volvo 9700 DD

Tarjolla olevista korkeuksista 4,0 m korkeudella valmistettua autoa myydään turistiautoiksi ja premium pikavuoroautoiksi. 4,25 m korkeudella varusteltu malli on Intercity-malli. Näihin edellä mainittuihin malleihin on saatavilla kahta eri varustelutasoa, jotka ovat Superior ja Select. Näistä varustelutasoista Select tason varustelu sopii lähiliikennöintiin ja keskipitkille matkoille, kun taas Superior on suunniteltu premium-luokan kauko- ja tilausliikenteeseen. Superior-malliin on muun muassa saatavilla erilaisia keittiöratkaisuja ja konferenssikäyttöön soveltuvia ratkaisuja. (Carrus Delta n.d.) Volvo 9700 DD:n kaikki malliratkaisut valmistetaan Volvon valmistamalle alustalle B13RLE 6x2, joka tuodaan Liedon koritehtaalte Ruotsista.

3 Suunnittelijan työkalut

3.1 Vertex ED

Opinnäytetyön dokumentointi ja suunnittelu tuotetaan toimeksiantajan käyttämällä Vertex Systems'in tarjoamalla Vertex ED:llä. Vertex Systems on suomalainen yritys, joka tarjoaa maailmanlaajuisesti eri toimialoille suunnittelun ja tiedonhallinnan ohjelmistoratkaisuja. Vertex on laadukas ohjelmistoratkaisujen toimittaja pitkällä 46 vuoden kokemuksella. Vertexin asiakkaita ovat muun muassa metalliteollisuuden kone- ja laitevalmistajat, teolliset rakentajat, laitostoimittajat, prosessiteollisuus ja suunnittelutoimistot. (Vertex Systems n.d.)

Vertex ED on Vertex Systemsin kotimainen ohjelmisto, joka on tarkoitettu sähkösuunnitteluun. Ohjelmistolla voidaan luoda automaattisesti kaavioiden kanssa yhteneviä dokumentteja. Yhteneviä asioita ovat muun muassa layoutit, erilaiset ristiviittaukset ja erilaiset luettelot. Ohjelman automaattiset toiminnot nopeuttavat suunnittelutyötä ja vähentävät virhealttiutta. (Tuottavuus syntyy tiedonhallinnasta n.d.) Tässä työssä käytetään Vertex ED 28.0.13-versiota, joka on versio vuodelta 2022. Asiakkaille räätälöityjen toimintojen takia Carrus Deltalla on käytössä tämä 28.0.13-versio, vaikka uudempi versio on saatavilla.

3.2 Johdinsarjasuunnittelu ja -valmistus

Työssä tullaan käyttämään dokumentoinnissa Vertex ED:n johdinsarjasuunnittelu ominaisuutta. Johdinsarjasuunnittelun ja -valmistuksen lisämoduulit on teetetty ajoneuvojen ja liikkuvan kaluston sähköistyksen suunnitteluun. Lisämoduuleilla saadaan valmistettua piirikaavioita, johdinsarjakuvia, sekä johdinsarjavalmistuksen dokumentteja. Näiden lisämoduulien avulla saadaan lopputuloksena dokumentaatio koko laitteistosta. Tällä tavoin saadaan tarvittavat valmistusdokumentit johdinsarjojen valmistajille ja sähköisten yksiköiden alihankkijoille. (Johdinsarjasuunnittelu ja -valmistus, n.d.)

Johdinsarjasuunnittelu ominaisuudella voidaan toteuttaa tarvittavat piirikaaviot ja kytkennän toteutuksessa tarvittavat rakennekuvat mittatietoineen. Näiden avulla voidaan toteuttaa johdotus- taulukot osaluetteloineen johdinsarjoille. Piirustukseen on mahdollista myös lisätä ja liittää tarvittavia teknisiä tietoja ja kuvauksia. Vertex ED:n asiakkailta saattaa olla tarve saada tiettyjä

vakioratkaisuja piirtämiseen ja tästä syystä sieltä löytyy kirjastotoiminto. (Johdinsarjasuunnittelu ja -valmistus, n.d.)

3.3 Lean System

Lean System on ROIMA yhtiön tuottama toiminnanohjausjärjestelmä. Lean System on tarkoitettu yrityksen tilaus- ja toimitusketjujen prosessoimiseen. Lean System on järjestelmä, jolla voidaan automatisoida ja integroida tarvittavien eri toimintojen tiedot samaan järjestelmään. (Lean System, n.d.)

Carrus Deltalla on käytössä tuotantoprosessissa, hankinnassa, suunnittelussa, tarjouksissa sekä laskutuksessa Roima Lean Systems järjestelmä. Lean Systems on Carrus Deltalla kasvattanut tuotannon tehokkuutta, avustanut materiaalien hallintaa sekä auttanut hyödyntämään resurssit tehokkaammin. (Asiakastarina Carrus Delta, n.d.) Carrus Deltalla suunnittelija käyttää Lean Systemsiä päivittäisessä työssään. Lean Systemsin avulla suunnittelija voi tutkia tuotannossa käytettäviä tai käytettyjä materiaaleja. Suunnittelija myös lisää Lean järjestelmään tuotteita, sekä niiden sisältämät dokumentaatiot.

4 Sähköjärjestelmä

4.1 Sähköjärjestelmän perusta

Nykypäivän ajoneuvojen sähköjärjestelmät ovat kehittyneet sellaiselle tasolle, että ne ylläpitävät ja huolehtivat järjestelmästä ja laitteista, joita ei ajoneuvojen alkuaikoina ole ollut. Nykyaikaisessa ajoneuvossa voi olla useita sähkömoottoreita, joilla ohjataan esimerkiksi ikkunoita, lukkoja ja tuulettimeita. Johtimia saattaa olla yli tuhat metriä ja sulakkeita kymmenittäin. (Larsson 2006, 4.) Linja-autojen sähköjärjestelmissä edellä mainitut asiat moninkertaistuvat. Linja-autoissa on useampia järjestelmiä sen koon, matkustajamäärän ja käyttötarkoituksen vuoksi. Carrus Delta esimerkiksi valmistaa ambulanssi-, konferenssi- ja linjaliikenteeseen tarkoitettuja linja-autoja, jotka sisältävät monimutkaisia ja laajoja asiakkaalle sovellettuja ratkaisuja (Carrus Delta n.d.).

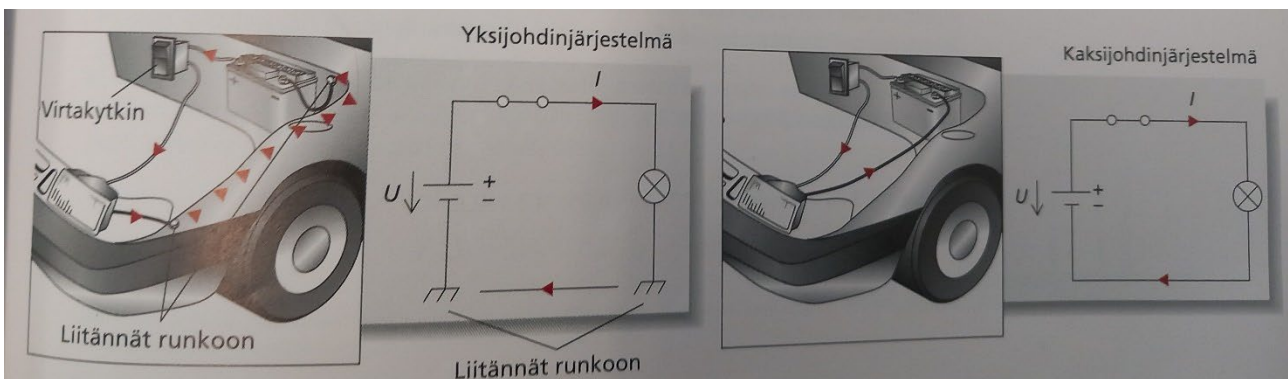
Larsson (2006) avaa hyvin kirjoittamassaan Autosähkö oppikirjassa, että ”Sähköpiirissä on virtalähde, joka ”antaa voimaa” virralle, ja virrankuluttaja, joka ”ottaa voimaa” virrasta.” Sähköpiiri on

rakennettu jännitelähteestä ja virrankuluttajasta, jotka sijoitetaan piiriin ja yhdistetään toisiinsa johtimilla. Sähköpiirissä kiertää virta niin kauan, kunnes piiri katkaistaan tai jännitelähteestä loppuu tarvittava energia. (Larsson 2006, 4–5.)

Nykyään ajoneuvojen sähköjärjestelmä voidaan jakaa useaan osaan. Tämä riippuu kuitenkin siitä, millainen ajoneuvo on kyseessä. Larsson (2006, 6) kertoo, että usein ajoneuvo voidaan jakaa laatus-, käynnistys, sytytys-, valaistus-, merkinanto-, varoitus- ja muihin järjestelmiin. Edellä mainitut muut järjestelmät kuitenkin pitävät nykyään sisällään useita erilaisia järjestelmiä, muun muassa moottorinohjausjärjestelmä, mukavuusjärjestelmät, turvajärjestelmät ja varkaudenestojärjestelmä (Mts. 6).

4.2 Yksi- tai kaksijohdinjärjestelmä

Ajoneuvoissa virran paluu takaisin akuille eli jännitelähteelle vaihtelee. Ajoneuvon käyttäessä yksijohdinjärjestelmää, syöttöjohtimen tehtävänä on johtaa virta toimilaitteelle ja paluujohtimena toimivat ajoneuvon runko, kori tai alusta kuljettavat paluuvirran takaisin jännitelähteelle. Kaksijohdinjärjestelmässä sen sijaan virta kulkee syöttöjohtimella toimilaitteelle ja toimilaitteelta paluujohtinta pitkin suoraan takaisin jännitelähteelle. (Larsson 2006, 6.)



Kuvio 4. Yksi- ja kaksijohdinjärjestelmä (Larsson 2006, 39)

Syy miksi yksijohdinjärjestelmää käytetään, on yksinkertaisesti se, että sillä säästetään paljon materiaalissa, painossa, tilassa ja kustannuksissa. On kuitenkin tilanteita, jossa ajoneuvossa joudutaan

käyttämään kaksijohdinjärjestelmää. Edellä mainittu tilanne voi johtua siitä, että ajoneuvo on rakennettu johtamattomista materiaaleista tai jos on epäily siitä, että yksijohdinjärjestelmä ei toimi luotettavasti. (Mts. 6.)

4.3 Maadoitus

Edellisessä yksi- tai kaksijohdinjärjestelmä osiossa kerrottiin, kuinka virta kulkee yksijohdinjärjestelmässä ajoneuvon runkoa, koria tai alustaa pitkin takaisin jännitelähteelle. Ajoneuvoissa käytetään tästä termiä maadoitus tai maa, koska virran paluureitti ohjataan ajoneuvon runkoon, alustaan tai koriin. Ajoneuvossa termit maa, maadoituspiste tai maajohdin voi hämmentää, koska todellisuudessa ajoneuvo ei ole missään yhteydessä maahan tai virta ei kulkeudu maahan vaan takaisin jännitelähteelle. (locktronics, 2020.) Edellisessä kappaleessa kerrottu yksijohdinjärjestelmä ja sitä havainnollistava kuvio 4 näyttää, kuinka maadoituspisteet ajoneuvossa tekevät suljetun virtapiirin ilman kaksijohdinjärjestelmässä esitettyä paluujohdinta.

4.4 Johdinjärjestelmä ja johtimet

Ajoneuvoissa johdinjärjestelmän tehtävänä on kuljettaa virtaa ja informaatiota. Kuljettamista tapahtuu jo aiemmin mainittujen jännitelähteiden, virrankuluttajien ja mahdollisten ohjainyksiköiden välillä. Ajoneuvoissa olevat johdinjärjestelmät muuttuvat nopeasti. Ei tarvitse mennä ajassa taaksepäin kuin kymmenen vuotta ja tarkastella silloin valmistettujen ajoneuvojen johdinjärjestelmää, jotta voi huomata sen olevan aivan eri tasoinen, kuin nykyajan johdinjärjestelmä uusissa ajoneuvoissa. Johdinjärjestelmät kattavat erilaisia johtimia, liittimiä, sulakkeita, releitä ja virtakytkimiä ja järjestelmän tarkoitus on liittää erilaisia sähköjärjestelmän laitteita toisiinsa. (Larsson 2006, 39.)

Tässä opinnäytetyössä johdinjärjestelmän johtimista suunnitellaan ja dokumentoidaan virta- ja maajohtimet. Näiden kaapeleiden tarkoitus on kuljettaa virtaa linja-autokorin jokaiselle sähköiselle toimilaitteelle, sekä kuljettaa virta myös ajoneuvon maadoituspisteille ja akuille.

Ajoneuvojen johdinjärjestelmässä johtimia valittaessa on huomioitava, että ajoneuvossa johtimien täytyy kestää värinää ja taivuttamista. Tästä syystä ajoneuvojen johtimet on kierretty ohuista kuparisäikeistä. Johtimien eristeenä toimii muovi, jonka paksuus on riippuvainen johtimessa kulkevasta jännitteestä. (Koivisto, Mikkolainen & Rantala 2012, 40.)

4.5 Väylätekniikka

Vaikka ajoneuvojen sähköjärjestelmä pohjautuu aiemmin mainittuun yksi- ja kaksijohdinjärjestelmään, jossa virta kulkee johdinta pitkin laitteelle ja ajoneuvon runkoa, alustaa, koria tai paluujohdinta pitkin takaisin jännitelähteelle eli akulle, on ajoneuvojen sähköjärjestelmät kehittyneet valtavasti. Nykypäivän ajoneuvoissa oli kyseessä linja-auto, kuorma-auto tai henkilöauto on valtaosin siirrytty väylätekniikkaan. Väylätekniikalla rakennetaan kokonaisia väyläjärjestelmiä, joilla ajoneuvojen monia toiminnallisuuksia ohjataan.

Väyläjärjestelmä tai esimerkiksi muilla nimillä kutsuttu ajoneuvoverkko, verkkojärjestelmä, tietoväylät tai väyläverkot on tietotekninen järjestelmä ajoneuvossa. Tällä järjestelmällä ohjataan useita erilaisia laitteita, kuten turvatyynyjä, moottorinohjainlaitetta, navigointijärjestelmää ja monia muita turvallisuuteen ja mukavuuteen tarkoitettuja laitteita. (Koivisto, Mikkolainen & Rantala 2012, 181.)

4.6 Johtimiin vaikuttavat määräykset

Carrus Delta Oy:n Homologointi-insinööri Jonna Koutuaniemi (2024) kertoi haastattelussa, että opinnäytetyön aiheena olevaan Volvo 9700 DD linja-auton korinrakennukseen vaikuttaa EU:n lainsäädäntö. Koutuaniemi tarkentaa, että M3-luokan ajoneuvon, johon aiheena oleva Volvo 9700 DD kuuluu, täytyy olla E-sääntö 118 ja E-sääntö 107 mukainen. (Koutuaniemi 2024.)

Kansainvälisillä sopimuksilla perustettujen elinten antamat säädökset sisältävät E-sääntö nro 118. Kyseinen E-sääntö on tarkoitettu antamaan ”Yhdenmukaiset tekniset vaatimukset, jotka koskevat tiettyjen moottoriajoneuvoluokkien rakenteiden valmistuksessa käytettävien materiaalien palominaisuuksia ja/tai niiden kykyä hylkiä poltto- tai voiteluainetta”. (E-sääntö nro 118 2020, 1.)

Volvo 9700 DD linja-auton sähköjärjestelmän tulee täyttää seuraavat vaatimukset:

6.2.6 Sellaisille ajoneuvossa käytettäville sähkökaapeleille, joiden pituus on yli 100 mm, on tehtävä tämän säännön liitteessä 10 kuvattu testi, jolla määritetään liekin etenemisen estyminen. Näiden vaatimusten vaihtoehtona voidaan käyttää standardin ISO 6722-1:2011 kohdassa 5.22 kuvattua testausmenettelyä. Standardin ISO 6722:2006 kohdan 12 mukaiset komponenttien testausselostet ja hyväksynnät pysyvät voimassa.

Altistaminen testiliekille lopetetaan seuraavasti:

1) Yksijohtimiset kaapelit:

a) kun johdin tulee näkyviin tai

b) 15 sekunnin kuluttua, kun kaapelin johdinkoko on enintään $2,5 \text{ mm}^2$, ja

c) 30 sekunnin kuluttua, kun kaapelin johdinkoko on yli $2,5 \text{ mm}^2$, tai

2) Vaipalla päällystetyt, suojaverkotetut tai suojaverkottomat yksi- tai monijohtimiset kaapelit, joiden johtimien kokojen summa on enintään 15 mm^2 :

a) kun johdin tulee näkyviin tai 30 sekunnin kuluttua kaikkien kaapelien tapauksessa sen mukaan, kumpi tapahtuu aikaisemmin

tai

3) Vaipalla päällystetyt, suojaverkotetut tai suojaverkottomat yksi- tai monijohtimiset kaapelit, joiden johtimien kokojen summa on yli 15 mm^2 :

a) tapauksen mukaan kohdan 1 tai 2 mukaisesti.

Kohdan 2 mukaiset sähkökaapelit voidaan testata kokonaisina tai erikseen.

Kohdan 3 mukaiset sähkökaapelit testataan erikseen.

Testitulosta on pidettävä tyydyttävänä, jos huonoimmat testitulokset mukaan luettuina eristysmateriaalin palamisliekki sammuu 70 sekunnissa ja vähintään 50 mm:n eristys testinäytteen yläosassa jää palamatta.

6.2.7 Kaikille yli 100 mm pitkille kaapelisuojuksille ja kaapelinasennusputkille on tehtävä liitteen 8 mukainen testi, jolla määritetään materiaalien palamisnopeus. Testitulosta on pidettävä tyydyttävänä, jos pystysuuntainen palamisnopeus on huonoimmat testitulokset mukaan luettuina enintään 100 mm minuutissa tai jos liekki sammuu ennen ensimmäisten merkkilankojen tuhoutumista. (E-sääntö nro 118 2020, 6.2.6–6.2.7.)

Kansainvälisillä sopimuksilla perustettujen elinten antamat säädökset sisältävät myös E-sääntö 107 ja yhtä lailla aiheena olevan linja-auton on täytettävä nämä vaatimukset. Kyseinen E-sääntö on tarkoitettu kertomaan ”Luokan M2 tai M3 ajoneuvojen yleisen rakenteen hyväksymistä koskevat yhdenmukaiset vaatimukset”. (E-sääntö nro 107 2015, 1.)

7.1.1 Sähkölaitteet ja johdotus

7.1.1.1 *Kaikkien johtojen on oltava hyvin eristettyjä, ja niiden ja sähkölaitteiden on kestävä niitä lämpötila- ja kosteusolosuhteita, joille ne ovat alttiina. Moottoritilan osalta on kiinnitettävä erityistä huomiota siihen, että johdot ja laitteet kestävä ympäristön lämpötiloja ja kaikkien todennäköisten epäpuhtauksien vaikutuksia.*

7.1.1.2 *Missään virtapiirissä käytetyssä johdossa ei saa olla suurempaa virtaa kuin on hyväksyttävää kyseiselle johdolle sen asennustavan ja ympäristön enimmäislämpötilan perusteella.*

7.1.1.3 *Jokaisessa virtapiirissä, joka antaa virtaa muille laitteiston osille kuin käynnistimelle, sytytysvirtapiirille (kipinäsytytysmoottori), hehkutulpille, moottorin pysäytyslaitteelle, latausvirtapiirille ja akun maadoitukselle, on oltava joko varoke tai virrankatkaisin. Muille laitteille virtaa syöttävät piirit voidaan kuitenkin suojata tavanomaisella varokkeella tai tavanomaisella virrankatkaisimella, kunhan niiden yhteenlaskettu nimelliskapasiteetti ei ylitä varokkeen tai virrankatkaisimen kapasiteettia. Multipleksoinnin tapauksessa valmistajan on toimitettava kaikki asiaan liittyvät tekniset tiedot, joita testeistä vastaava tutkimuslaitos pyytää.*

7.1.1.4 *Kaikki johdot on suojattava hyvin, ja niiden on pysyttävä tiukasti paikoiltaan siten, että ne eivät voi vaurioitua leikkautumalla, kulumalla tai hankautumalla.*

7.1.1.5 *Jos ajoneuvon yhdessä tai useammassa virtapiirissä jännite on tehollisarvoltaan suurempi kuin 100 voltia, on kyseisen energianlähteen jokaiseen maadoittamattomaan napaan kytkettävä käsikäyttöinen kytkin, jonka avulla kaikki tällaiset virtapiirit voidaan erottaa sähköenergian päälähteestä ja joka on sijoitettava ajoneuvon sisälle paikkaan, johon kuljettaja ulottuu helposti. Tällaisella kytkimellä ei kuitenkaan saa pystyä katkaisemaan virtaa ajoneuvon pakollisia ulkovalaisimia syöttävistä virtapiireistä. Tätä kohtaa ei sovelleta suurjännitteisiin sytytysvirtapiireihin eikä ajoneuvossa olevan laitteiston osan sisäisiin erillisiin virtapiireihin.*

7.1.1.6 *Kaikki sähköjohdot on sijoitettava niin, että mikään osa ei joudu kosketuksiin minkään polttoaineputken tai pakojärjestelmän minkään osan kanssa eikä altistu liialliselle kuumuudelle, ellei niitä ole varustettu sopivalla erityisellä eristeellä tai suojalla, esimerkiksi sähkömagneettisella poistiventtiilillä.*

7.1.2 Akut

7.1.2.1 *Kaikki akut on kiinnitettävä lujasti helppopääsyiseen paikkaan.*

7.1.2.2 *Akkutila on erotettava matkustamosta ja ohjaamosta ja tuuletettava ulkoilmaan.*

7.1.2.3 *Akun navat on suojattava oikosululta. (E-sääntö nro 107 2015, liite 3 7.1.1–7.1.2.3)*

Nämä EU-lainsäädännöt täytyy suunnittelutyössä ottaa huomioon. Carrus Deltan sähkösuunnittelu tekee valintoja ajoneuvoihin näiden säädäntöjen alaisuudessa. On välttämätöntä, että valmistettavat linja-autot ovat näiden säädäntöjen mukaiset, jotta ajoneuvot ovat laillisia, rekisteröitävissä ja turvallisia.

5 Johtimien valinta ja liitokset

5.1 Perusteet valinnalle

Aiemmin mainitut johdinjärjestelmät rakentuvat useista eri kokoisista johtimista. Nämä johtimet täytyy mitoittaa suunnitteluvaiheessa, jotta sähköjärjestelmästä tulee toimiva ja turvallinen. Larsson (2006) mainitsee tuottamassaan Autosähkö oppikirjassa liian suurista ja pienistä johdinpinta-aloista, että jos ajoneuvon johtimeen valitaan liian pieni johdinpinta-ala, aiheutuu siitä johtimeen liian suuri jännitehäviö, josta aiheutuu tehohäviö, mikä taas heikentää johtimella syötettävän laitteen toimintaa. Johtimen ollessa liian pieneksi mitoitettu virtaan nähden, johtimen lämpötila saattaa nousta liian korkeaksi, jolloin lämpötila mahdollisesti voi sytyttää johtimen eristeen palamaan. Oppikirjassa hän kertoo myös paksun johtimen haitoista. Paksut johtimet eivät ole turvallisuuden kannalta vaarallisia tai laitteelle huonoja virransyöttäjiä, mutta ne sen sijaan ovat kalliita, painavia, vaikeasti asennettavia ja tarvitsevat paljon tilaa. (Larsson 2006, 41.)

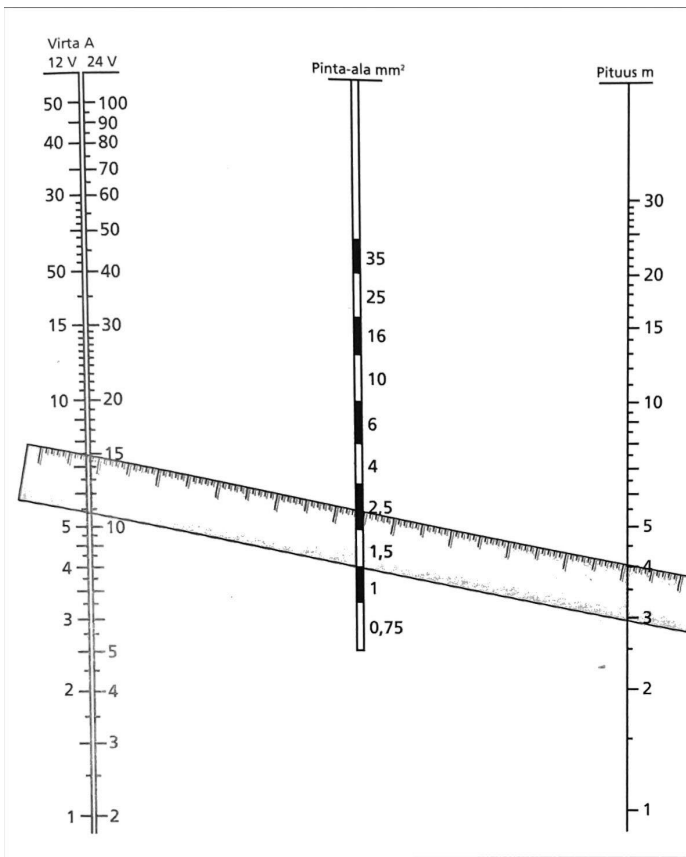
5.2 Käytettävä johdintyyppi

Ajoneuvoissa käytetään monenlaisia johdintyyppejä, mutta tässä työssä käytettävänä oleva johdintyyppi on ajoneuvojohdin R2. Kyseinen R2 johdin on suunniteltu ja käytetty etenkin Pohjoismaiden olosuhteisiin. R2 johdin on erittäin laadukas ja hyväksytty ajoneuvojohdin, joka tunnetaan myös nimellä AJ. Johtimen lämpötila-alue on – 40 ja +100 asteen välillä. Johdin itsessään on hehkutettua kuparia, joka on taipuisaa hienolankaa. Johtimen eristys on PVC-muovia ja se on hyvä kestävä pakkasta sekä öljyä. (TSP, n.d.)

5.3 Mitoitus

Ajoneuvojen johtimet mitoitetaan siinä kulkevan sähkövirran mukaan. Johtimessa kulkeva sähkövirta saa johtimen lämpötilan nousemaan, koska johtimen ominaisresistanssi eli johtimen kyky vastustaa sähkövirtaa aiheuttaa lämpenemisen. Tästä syystä johdinta valittaessa on tärkeää ottaa

huomioon sen käyttöaika eli aika, kuinka kauan johtimella syötetään virtaa laitteelle. Koivisto, Mikkolainen ja Rantala (Autotekniikka 5, 148) antavat hyvän esimerkin ”valojohtimeksi on valittava poikkipinnaltaan suhteellisesti suurempi johdin kuin äänimerkinantolaitteeseen tai käynnistimeen”, eli on tärkeää tarkkailla käyttöaikaa. (Autotekniikka 5, 147–148.) Ajoneuvon sähköjohtimen poikkipinta-alaa valittaessa käytetään seuraavan kuvion mukaisia nomogrammeja.



Kuvio 5. Mitoitus nomogrammi (Larsson 2006, 41)

Nomogrammi on tehty tilanteeseen, jossa johtimessa sähkövirta kulkee yhtäjaksoisesti koko ajan (Autotekniikka 5, 148). Kuvion 5 nomogrammi on tarkoitettu 12 ja 24 voltin järjestelmille. Nomogrammin käyttöön vaaditaan, että tiedetään järjestelmän jännite, johtimessa kulkeva virta ja johtimen kokonaispituus. Mitoittaessa kaksijohdinjärjestelmää on oltava tiedossa myös paluujohtimen pituus ja lisättävä tämä kokonaispituuteen, jotta poikkipinta-alasta tulee tarpeeksi suuri. (Larsson 2006, 41.)

5.4 Johtimien liitokset

Ajoneuvojen johtimet ovat osa sähköjärjestelmää ja järjestelmä vaatii toimiakseen johtimien ja laitteiden välisen liitoksen. Johtimet ja laitteet ovat ajoneuvossa todella kovassa rasituksessa, jota voi olla tärinä, kosteus, lämpötila ja muut ulkoiset vastaavat tekijät. Liitoksien on siksi oltava kestäviä ja luotettavia, jotta voidaan taata ajoneuvon toimivuus. Vikoja liitoksissa pyritään ehkäisemään sillä, että kosketinpinnat ovat hyvät ja puhtaat, kaapelikengät, sekä muut liittimet olisivat laadukkaita ja puristukset hyvin tehtyjä. (Larsson 2006, 46.)

Johtimien liitoksilla on myös tiettyjä vaatimuksia, joita valmistajien tulee noudattaa. Vaatimukset esittävät, että liitoksen tulee olla jännitehäviötön, liitoksen tulee olla hyvin suojattu hapettumiselta, liitos ei saa aiheuttaa oikosulun vaaraa ja liitoksen avaaminen on pyrittävä valmistamaan, mikäli mahdollista siten, että liitoksen avaus voidaan suorittaa ilman työvälineitä. Vaatimukset, jotka edellä lueteltiin eivät ole aina mahdollista toteuttaa, koska paikka, johon liitos tehdään ei ole esimerkiksi tarpeeksi tilava, rakenne ympärillä ei mahdollista näitä asioita tai lämpötila on liian korkea. Nämä asiat ovat johtaneet siihen, että liitostapoja johtimille on monia ja rakenneratkaisuja vielä enemmän. (Autotekniikka 5, 149.)

6 Toteutus

6.1 Pohjatieto

Opiskelen Jyväskylän ammattikorkeakoulussa sähkö- ja automaatiotekniikan insinööritutkintoa. Olen opiskellut 2020 opetussuunnitelman sähkö- ja automaatiotekniikan opinnoista sähkötekniikkapuolen vaadittavat opinnot ja vapaasti valittavat kurssit olen suunnannut automaatioon ja robotiikkaan. Olen suorittanut kaikki käymäni opintojaksot hyväksytysti. Jyväskylän ammattikorkeakoulun sähkö- ja automaatiotekniikan opetussuunnitelman sisältökuvaukset löytyvät Jyväskylän ammattikorkeakoulun verkkosivuilta (Sähkö- ja automaatiotekniikka (AMK), n.d.).

Minulla on tarvittava osaaminen ja tietämys toteuttaakseni toimeksiantajani aihe, sekä toimeksiantajalla työskentely varmistaa tarvittavan osaamisen. Opinnäytetyön toteuttajana minulla on tietous siitä, että henkilökohtainen työkokemukseni, sekä omat opintoni saattavat suunnata omaa

toteutustapaa opinnäytetyössä, mutta pyrin kuitenkin toteuttamaan työn toimeksiantajan toiveiden mukaisesti.

6.2 Tutkimuksellinen kehittämistyö

Opinnäytetyön toteutustavaksi valittiin tutkimuksellinen kehittämistoiminta. Valinta kohdistui tutkimukselliseen kehittämistoimintaan, koska työssä hyödynnetään tutkimuksellisia periaatteita, mutta pääpaino on kuitenkin kehittämistoiminnassa. Kehittäminen on uusien asioiden keksimistä, vakiinnuttamista ja levittämistä. Kehittäminen on asioiden korjaamista, parantamista ja edistämistä kaikkiin käytännöllisiin asioihin. Kehitystoiminnan onnistuminen saattaa johtaa hyviin tuloksiin ja niiden leviämiseen muihin organisaatioihin. (Toikko & Rantanen 2009, 16.)

Kehittämistoiminta sisältää tietynlaisen kehittämisprosessin, jonka mukaan projektissa edetään. Kehittämisprosessi malleja on muun muassa lineaarinen malli, spiraalimalli, tasomalli ja spagettimainen prosessi (Toikko & Rantanen 2009, 64). Tämän opinnäytetyö prosessia kuvaavaksi malliksi sopii lineaarinen malli. Lineaarinen malli sisältää tavoitteen määrittelyn, suunnittelu- ja toteutusvaiheen, sekä projektin päätöksen ja arvioinnin (Mts. 64). Lineaarinen malli on sopiva, koska toteutettavalla opinnäytetyöllä on selkeä polku, jota edetä. Lineaarinen malli antaa sopivat työvaiheet työlle.

Tavoitteen määrittelyvaiheessa toimeksiantajan kanssa sovittiin aiheen rajauksista ja tavoitteista. Opinnäytetyö aloitettiin vuoden 2024 huhtikuussa. Tästä edettiin opinnäytetyön suunnitteluvaiheeseen, jossa toteutettavalle aiheelle suunniteltiin projektisuunnitelma. Suunnitteluvaiheessa mietitään aikataulua, riskejä ja työn edellytyksiä (Toikko & Rantanen 2009, 64–65). Suunnitteluvaiheen aikana pureuduttiin aiheeseen, siihen vaikuttaviin muihin tekijöihin ja valittiin aikataulu työlle.

Suunnitteluvaiheesta edetään toteutusvaiheeseen, jossa voidaan muuttaa ja täydentää suunnitelmaa. Toteutusvaiheessa valmistetaan haluttu malli, prosessi tai tuote. (Toikko & Rantanen 2009, 65.) Toteutusvaiheen alussa kerättiin kaikki aikaisemmat materiaalit vanhoista suunnitelmista ja analysoitiin niitä nykytilanteeseen. Vanhojen suunnitelmien analysoinnin jälkeen aloitettiin halutun tuotteen suunnittelu, valmistaminen ja dokumentointi. Opinnäytetyön projekti päätettiin raportin valmistumisen yhteydessä. Toimeksiantajan kanssa loimme selkeän tavoitteen siitä, että työ

halutaan valmiiksi alkusyksystä, jotta työn tulokset saataisiin käyttöön toimeksiantajalle merkittäviin tilauksiin.

6.3 Tiedonhaku tietoperustaan

Tiedonhakua toteutettiin käyttämällä kirjastoa, Jyväskylän ammattikorkeakoulun verkkokirjastoa (Janet Finna), sekä luotettavia verkkosivuja. Teoriaa opinnäytetyön aiheesta ei ole kovinkaan paljon julkisessa jaossa, koska ajoneuvoteollisuus on teollisuudenala, jossa yritykset eivät mielellään jaa tietoa eteenpäin. Opinnäytetyön teoriapohjan lähdemäärän niukkuus johtuu siitä, että opinnäytetyön puolivälissä ruotsalaisen ajoneuvovalmistajan materiaalit, joita työssä oli tarkoituksena käyttää, osoittautuivat salatuiksi. Materiaalin käyttöä varten olisi pitänyt tehdä täysisalaus työlle, mikä ei ollut mahdollista. Toimeksiantajan kanssa ajateltiin työn alussa, että materiaalien käyttö on sallittua ja siksi työtä oli lähdetty rakentamaan näiden materiaalien kanssa. Materiaaleista kuitenkin luovuttiin ja etsittiin korvaavia lähteitä, sekä aihetta tiivistettiin siinä määrin, että saatiin kasattua järkevä ja hyvä kokonaisuus opinnäytetyön vaatimusten puitteissa. Olisi ollut myös eettisestä näkökulmasta katsottuna väärin käyttää materiaalia, sekä laillisesti myös kiellettyä levittää yrityksen salaisuuksia julkisessa verkossa.

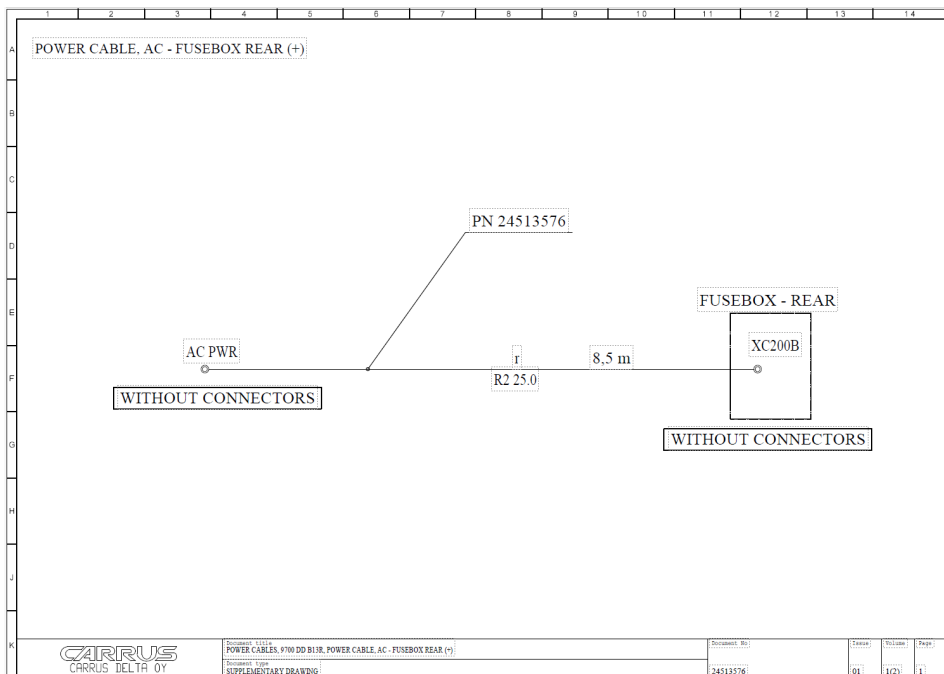
6.4 Käytettävän aineiston keräys ja perehtyminen

Käytettävää aineistoa kerättiin toimeksiantajan Lean System toiminnanohjausjärjestelmästä, johon aikaisemmin käytössä olleiden suunnitelmien piirustusdokumentit ja tilausnimikkeet on tallennettu. Aikaisempia virtajohtimia on perustettu toiminnanohjausjärjestelmään yhteensä 10 kappaletta. Nämä kymmenen eri virtajohtimen nimikettä suunnitellaan ja dokumentoidaan uudelleen. Kyseiset kymmenen johdinta jaetaan kahteen ryhmään, jotka ovat virran syöttö- ja maajohtimet. Virran syöttöjohdin eli plusnavasta tuleva johdin on väriltään punainen ja virran paluujohdin eli maajohdin on väriltään musta. Maajohtimet ovat yksijohdinjärjestelmän takia lähtökohtaisesti lyhyempiä, koska maajohtimet viedään lyhyintä mahdollista reittiä pitkin maadoituspisteelle, josta virta kulkee auton runkoa pitkin takaisin akuille.

Nim.tunnus	i	t	d	h	k	Nimi
24513564			d	H		POWER KAAPELI, BATTERY - FEC (+) 9700 DD B13R
24513567			d	H		POWER KAAPELI, FEC - GND1 (-) 9700 DD B13R
24513569			d	H		POWER KAAPELI, FEC - REC (+) 9700 DD B13R
24513570			d	H		POWER KAAPELI, REC - REAR FUSEBOX (-) 9700 DD B13R
24513572			d	H		POWER KAAPELI, REC - GND1 (-) 9700 DD B13R
24513574			d	H		POWER KAAPELI, BATTERY - GND1 (-) 9700 DD B13R
24513576			d	H		POWER KAAPELI, AC - FUSEBOX REAR (+) 9700 DD B13R
24513579			d	H		POWER KAAPELI, AC - GND1 (-) 9700 DD B13R
24513580			d	H		POWER KAAPELI, INVERTER - FUSEBOX REAR (+) 9700 DD B13R
24513581			d	H		POWER KAAPELI, INVERTER - GND1 (-) 9700 DD B13R

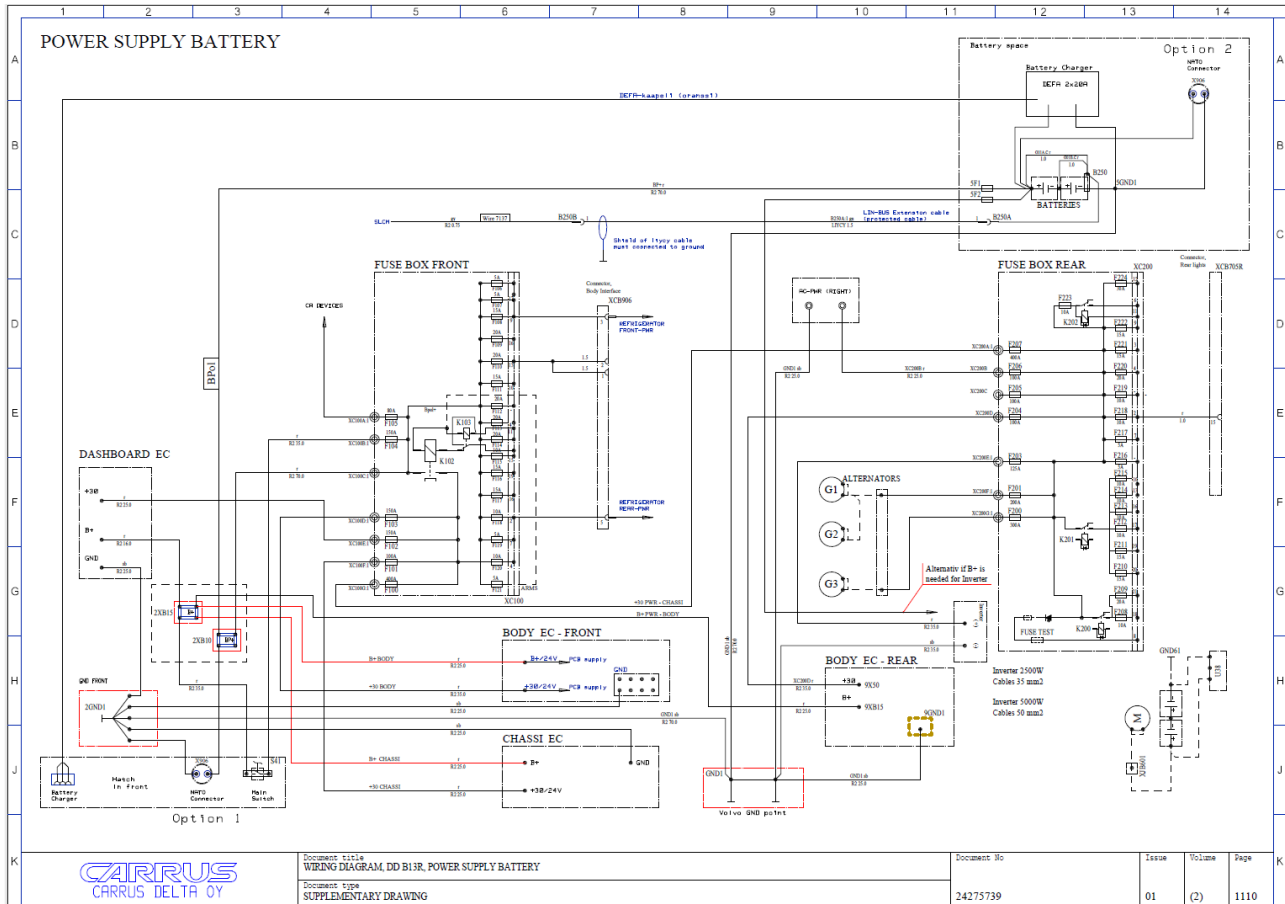
Kuvio 6. Lean System toiminnanohjausjärjestelmästä löytyvät nimikkeet

Nimikkeet sisältävät toiminnanohjausjärjestelmässä dokumentit johtimista. Nimikkeet on toiminnanohjausjärjestelmässä nimetty ”Power kaapeli” nimellä, vaikka kyseessä on johdin. Syy kyseiselle nimeämiselle on yksinkertaisesti toimeksiantajalla ollut tapa kutsua paksuja virta- ja maajohdintia kaapeleiksi. Kyseiset nimikkeet kuitenkin sisältävät yksinkertaisen Vertex ED:llä tehdyn piirustuksen, joka pitää sisällään tiedot johtimen pituudesta, väristä, mallista, pinta-alasta, liittimistä ja kytkentäpisteistä.



Kuvio 7. Esimerkki vanhasta piirustuksesta

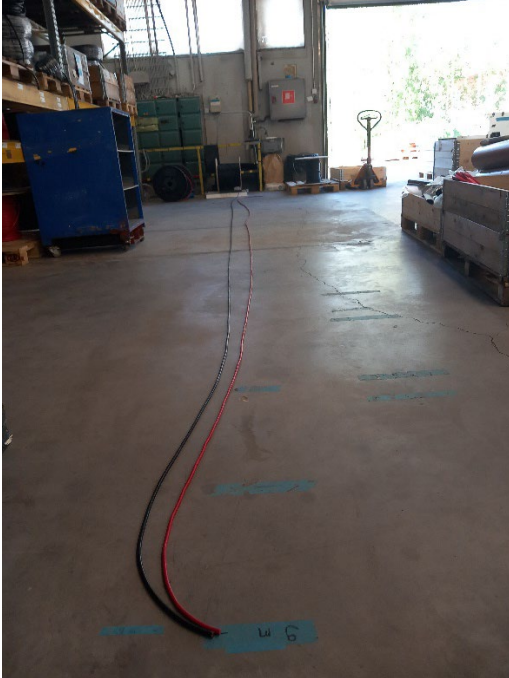
Nimikkeiden sisältämien dokumentteihin perehtymisen jälkeen perehdyttiin 9700 DD:n piirikaavioista löytyvään ”Power Supply battery” piirustukseen, joka sisältää layoutkuvan johtimista ja johtimien liitoskohdista. Tämä piirustus antaa hyvän peruskuvan suunniteltaville virta- ja maajohtimille.



Kuvio 8. Power Supply Battery

Aineiston keruuta jatkettiin työskentelemällä tuotannossa työntekijöiden kanssa. Työskentelemällä työntekijöiden kanssa toteutettiin aikaisempiin virta- ja maajohdinsiirustuksiin punakynäversiot, sekä tarkastettiin pituudet. Punakynäversiolla tarkoitetaan fyysiseen paperille tulostettuun piirikaavioon tehtyjä merkintöjä ja muokkauksia, minkä perusteella on helppo aloittaa toteuttaa suunnitelmien tekoa ja puhtaaksi piirtämistä. Tämän projektin aikana toteutettiin suunniteltavaan 9700 DD malliin tavaritilan muutoksia, jotka vaikuttivat johtimien pituuteen. Tästä syystä tuotannossa johtimien asentamisesta vastaavan työntekijän kanssa teetettiin mittauksia, joiden perusteella johtimet mitoitettiin ja varmistettiin pituudet. Materiaalia kerättiin myös haastatteluin ja

niitä teetettiin vastaavana olevalle työnjohtajalle, sekä Homologointi-insinöörille. Johtimien valmistusprosessia käytiin läpi tuotannossa työnjohtajan kanssa, minkä perusteella tehtiin päätökset siitä, teetetäänkö johtimet alihankintana vai omavalmisteena.



Kuvio 9. Johtimien valmistuspiste

Kuvio 9 on valokuva tehtaan sähköpajan tiloista, jossa virtajohtimia valmistetaan tällä hetkellä. Johtimet mitoitetaan oikeanpituisiksi vetämällä johdinta kaapelipukista maahan tehtyjen mitoitusmerkkien kohdalle, minkä jälkeen johdin katkaistaan tarvittavaan mittaan ja keritään rullaksi. Tämän jälkeen johdinrulla asetetaan tuotantoon lähtevien johtimien joukkoon, josta varastotyöntekijät hakevat sen tuotantolinjalle.

Johtimien valmistaminen omissa tiloissa oli haasteellista ja aikaa vievää, koska valmistusta tilaa johtimien valmistukselle ei ollut. Tilaa jouduttiin tekemään väkisin ja tiloja siivoamaan tovi ennen johtimien valmistukseen pääsemistä. Työskentely painavien johdinrullien ja kömpelöiden kaapelipukien kanssa on työntekijää ajatellen huono asia, koska ne saattavat aiheuttaa vaivoja ja työtapaturmia työntekijöille. Työn tekemiseen meni aikaa paljon enemmän kuin siihen on varaa laittaa ja näiden kaikkien edellä mainittujen asioiden takia oli helppo tehdä päätös siitä, kuinka

johtimet tulisi valmistaa tulevaisuudessa, jotta toimeksiantajan kustannustehokkaaseen toivomukseen päästäisiin.

Tuotannossa työskentelyn aikana haastateltiin useampaa työntekijää, jotka tuotantolinjalla vetävät johtimet suunnitelluille paikoille, sekä kytkevät oikeisiin pisteisiin. Haastatteluiden, sekä työskentelemällä työntekijöiden kanssa saatiin tietoon, että nimikkeiden perusteella saadut pituudet johtimista olivat hyvin lähellä tarvittavia todellisia mittoja, joita alustan B11RLE:n vaihtuessa B13RLE-alustaan jälkeen on käytetty tuotantolinjalla. Työntekijöiltä kerättiin myös tärkeää tietoa siitä, kuinka johtimet tulisi varustella eli millaisilla liittimillä tai suojaputkilla johtimet tahdotaan, jotta linjatyöskentely olisi mahdollisimman tehokasta ja huoletonta. Tuotannossa käytiin läpi kaa-peleiden vetopaikkoja ja selvitettiin missä asioissa voitaisiin säästää yrityksen kannalta elintärkeää aikaa.

6.5 Johtimien suunnittelu ja dokumentointi

Aineiston keräämisen jälkeen siirryttiin johtimien suunnittelu- ja dokumentointi vaiheeseen. Käytöstä poistettuja nimikkeitä oli yhteensä kymmenen kappaletta, joille on aikoinaan perustettu oma Vertex ED projektinumero 24513552. Kyseiseen projektinumeroon on luotu toimeksiantajalla aikoinaan jo nykyään käytöstä poistettujen johtimien piirustukset. Ensimmäisenä luotiin uusi Vertex ED projekti 23747250 ja kaikki vanhat piirustukset siirrettiin vanhasta 24513552 projektista uuteen projektiin 23747250. Vanhat piirustukset siirrettiin uuteen projektiin pohjiksi, joiden ympärille on helpompaa teettää uudet päivitettyt piirustukset. Vanhoja piirustuksia vertailtiin tuotannossa tehtyihin punakynäversioihin. Tavoitteena vertailussa oli saada tarkastettua, voidaanko osa vanhoista nimikkeistä käyttää vielä uudelleen ja täytyykö uuteen projektiin luoda täysin uusia mallivariaatiota eli vaihtoehtoisia johdinmalleja esimerkiksi invertterin sijoittelun takia. Vertailun tulokseksi saatiin, että vanhoista nimikkeistä kaksi on edelleen päteviä käytettäväksi, kahdeksalle vanhalle täytyy luoda uudet nimikkeet ja kaksi kokonaan uutta mallivariaatiota täytyy luoda. Kokonaisuudessaan uusi projekti 23747250 tulee sisältämään kaksitoista nimikettä. Nimikkeiden numerot saadaan Volvon omasta järjestelmästä, johon Carrus Delta Oy:n ja Volvon suunnittelijat avaavat nimikkeitä. Kyseiset nimikenumerot löytyvät myös Carrus Delta Oy:n omasta toiminnanohjausjärjestelmä Lean Systemsistä.

Nimikkeet jaettiin kahteen pääkategoriaan, jotka ovat keulalle vedettävät johtimet ja takapään johtimet. Jaottelun jälkeen johtimia aloitettiin suunnittelemaan kerätyn aineiston pohjalta. Aineistoa oli johtimien suunnittelemiseen kerätty riittävästi ja suunnitteluvaihe työssä oli kerätyn materiaalin pohjalta helppoa, koska punakynäversiot sisälsivät kaiken, mitä piirustuksiin täytyi päivittää. Punakynäversioiden avulla oli mahdollista luoda uudet nimikkeet johtimille, sekä päivittää piirustuksiin johtimien todelliset pituudet, tarvittavat liittimet ja johtimien suojausputket. Johtimien pituudet muuttuivat niin vähän, että johtimien pinta-ala päivityksiä ei olisi tarvinnut tehdä ja tämä varmistettiin aikaisemmin esitetyllä nomogrammilla. Johtimien suunnittelussa panostettiin niiden asennettavuuteen sekä johtimien mahdollisimman helppoon ja kustannustehokkaaseen tuottamiseen.

6.5.1 Keulalle vedettävien johtimien dokumentointi

Dokumentointi aloitettiin keulalle vedettävistä johtimista, jotka olivat edelleen tarpeeksi pitkät eivätkä vaatineet juurikaan toimenpiteitä. Keulaan meneviä johtimia oli kolme kappaletta, jotka ovat takasähkökeskuksen kytkentäpisteestä 9XB15 keulan sähkökeskuksen kytkentäpisteeseen 2XB15 kulkeva syöttöjohdin nimikenumeraltaan 24513569 (liite 1), akun sulakkeelta 5F1 keulan kytkentäpisteelle 2XB10 kulkeva syöttöjohdin nimikenumeraltaan 24513564 (liite 2), sekä alustan kiinteiden runkomaapisteiden GND1 ja 2GND1 välinen maajohdin nimikenumeraltaan 24513567 (liite 3). Ainoastaan runkomaapisteiden väliseen johtimeen valittiin uusi kaapelikengä.

Tässä tilanteessa, kun johtimille 24513569 ja 24513564 ei tarvinnut tehdä muutoksia, voidaan niiden nimikkeet avata uudelleen käytettäväksi. Runkomaapisteiden välinen johdin 24513567 ei ole enää pätevä uuden kaapelikengän takia ja siksi sille on avattava uusi nimike Volvon ja Carrus Delta Oy:n järjestelmiin. Alustan kiinteiden runkomaapisteiden välisen johtimen nimikenumeroiksi tuli 24820266 (liite 4). Syy miksi vain kaapelikengän vaihdon takia luodaan uusi nimike on se, että uudella nimikkeellä ei vahingossakaan voida sekoittaa johtimien versiohistoriaa esimerkiksi alihankinnassa. Nimikkeen uudelleen versiointi saattaisi aiheuttaa sen, että esimerkiksi johtimet toimitettaisiin ilman haluttuja uusia kaapelikengkiä. Tämän tyylisiä vahinkoja harvoin tapahtuu, mutta koska alihankkijalla on lukuisia piirustuksia toimeksiantajalta, ovat alihankkija ja toimeksiantaja tämän takia päättäneet, että on helpompaa selvyiden ja virheen välttämisen vuoksi avata uudet nimikkeet johtimille.

6.5.2 Takapään johtimet

Seuraavaksi suunniteltavaksi otettiin takapään jäävät johtimet. Takapään jää yhteensä seitsemän johdinta, mikäli linja-autoon on tilattu invertteri. Nämä kaikki seitsemän nimikettä kokevat muutoksia ja mahdollisia mallivariaatio lisäyksiä, joten jokaiselle suunniteltavalle johtimelle avataan uusi nimike. Ensimmäisenä takapään johtimista suunniteltavaksi valittiin maajohdin, jonka nimike on 24513572 (liite 5), joka kulkee runkomaapisteen GND1 ja takasähkökeskuksen maapisteen 9GND1 välillä. Tuotannossa teetetyn punakynäversion perusteella kyseiseen johtimeen pyydettiin lisää pituutta metrin verran, pinta-alan suurennusta 25 mm² johtimesta 35 mm² johtimeen, sekä runkomaan GND1 puoleiseen päähän kaapelikenkä asennettavuuden helpottamiseksi. Johtimen paksuutta haluttiin muuttaa, jotta mahdollisesti tulevaisuudessa tulevat lisäasennukset takasähkökeskukselle olisivat mahdollisia ilman maajohtimen vaihtamista. Tässä tilanteessa, kun johtimen pinta-alaa muutetaan ylöspäin edellä mainitusta syystä, ei johtimen tarkalle mitoitukselle ole tarvetta, koska edellisen johtimen pinta-ala on jo mitoitukseltaan nykytilanteeseen sopiva. Johtimen uudeksi nimikkeeksi tuli 24820268 (liite 6).

Toisena suunniteltavana johtimena oli takasähkökeskuksen liitoksesta 9X50 ja takapään sulakerasian pisteeseen XC200D kulkeva syöttöjohdin nimikenumeraalla 24513570 (liite 7). Johtimelle pyydettiin yksinkertaiset muutokset, jotka olivat: lisäpituutta metrin verran, sekä asennettavuuden helpottamiseksi M10 kaapelikenkä johtimen toiseen päähän. Uudeksi nimikkeeksi johtimelle tuli 24820267 (liite 8).

Kolmantena johtimena suunniteltiin sulakerasian ja invertterin välinen syöttöjohdin 24513580 (liite 9). Johdin kulkee INV(+) liittimestä sulakerasian liittimeen XC200E. Johtimen pinta-alaa tahdottiin kasvattaa 35mm² johtimesta 50mm², koska tällä saavutetaan se, että invertterin yleiset variaatiot toimisivat samalla johtimella, jolloin säästetään varastointitilaa ja yksinkertaistetaan johtimien tilaamista. Invertterin johtimesta tahdottiin myös pidempi mallivariaatio, koska invertteriä joudutaan välillä siirtämään tavaratilassa. Yleiset 9700 DD:n invertterin mallivariaatiot ovat 1500W, 2500 W ja 5000 W, mutta asiakaan toiveiden mukaisesti voidaan asentaa suurempiakin. Invertterin johtimen asennettavuuden nopeuttamiseksi sen toiseen päähän, joka asennetaan sulakerasiaan, lisätään M10 kaapelikenkä. Johtimesta tullaan tästä syystä avaamaan kaksi nimikettä, jotka ovat 4 metrin ja 7 metrin variaatiot. Johtimen, jonka pituus oli 4 metriä tuli nimikkeeksi 24820272 (liite 10) ja 7 metrin pituisen johtimen nimikkeeksi 24816773 (liite 11).

Neljäs suunniteltava johdin, oli runkomaan GND1 ja invertterin liittimen INV (-) välinen maajohdin 24513581 (liite 12). Kyseinen johdin koki samasta syystä pinta-alan suurennuksen, kuin invertterin syöttöjohdin 24513580 eli johtimen pinta-alan suurennuksella taataan se, että yhteensopivuus on mahdollisimman moneen eri invertteri variaatioon. Johtimen päähän, joka liitetään runkomaahan eli pisteeseen GND1 tahdottiin lisätä M10 kokoinen kaapelikenkä asennettavuuden helpottamiseksi. Tästäkin johtimesta tuotetaan kaksi nimikettä, jotka ovat 4 metriä ja 7 metriä ja niiden nimikenumerot ovat 24820273 (liite 13) ja 24816774 (liite 14).

Viides suunniteltava takapäähän johdin on 24513574 (liite 15), joka kulkee runkomaapisteen eli GND1 ja akkutilan maadoituspisteen 5GND1 välillä. Johtimen pinta-ala ja pituus ovat edelleen pätevät, mutta haluttu asennustekninen muutos johtimelle on jälleen asennettavuuden helpottamiseksi M10 kaapelikenkä runkomaan puoleiseen päähän. Johtimen uudeksi nimikkeeksi tuli 24820269 (liite 16).

Kuudes takapäähän suunniteltava johdin on 24513576 (liite 17), joka kulkee AC PWR:n eli Air Condition power positiivisen navan ja takasähkökeskuksen välillä. Haluttuja ja tarvittavia muutoksia on, että johdin asennetaan 29 mm² suojaputkeen, pituutta lisätään puolella metrillä, sekä jälleen asennettavuuden helpottamiseksi lisätään johtimen takasähkökeskuksen puoleiseen päähän M10 kaapelikenkä. Johtimen pituuden lisääminen ei aiheuta toimenpiteitä pinta-alaan, kun nomogrammia käyttämällä tarkastellaan johtimen kestoisuutta. Johtimen uudeksi nimikkeeksi tuli 24820270 (liite 18).

Viimeinen ja seitsemäs suunniteltava johdin on runkomaapisteen eli GND1 ja AC PWR:n välinen maajohdin 24513579 (liite 19). Kyseiseen johtimeen tahdottiin samat muutokset, kuin aikaisemmin suunniteltuun syöttöjohtimeen 24513576 (liite 17). Johdin asennetaan samanlaiseen 29 mm² suojaputkeen, pituutta lisätään puolella metrillä, sekä johtimeen lisätään runkomaan GND1 puoleiseen päähän M10 kaapelikenkä. Johtimen pinta-ala ei myöskään vaadi toimenpiteitä tarkastelun perusteella. Johtimen nimikkeeksi tuli 24820271 (liite 20).

6.6 Suunnittelun ja dokumentoinnin jälkeen

Johtimien suunnitelmien ja dokumentaation valmistuttua johtimien uudet nimikkeet ja dokumentit lisättiin toimeksiantajan toiminnanohjausjärjestelmään eli Lean Systemsiin. Nimikkeiden ja dokumenttien Lean Systemsiin lisäämisen jälkeen päivitettiin edellä esitelty Power Supply Battery (kuvio 8) piirustus täsmäämään nykyistä tilannetta (liite 21). Piirustuksen valmistuttua seuraavaksi työlistalla oli teettää uusista johtimista rakennetiedote.

Rakennetiedote on toimeksiantajalla tapa jakaa tietoa eri osastoille siitä, että ajoneuvon rakenne on kokenut muutoksen. Rakennetiedote on dokumentti, josta ilmenee mitä muutos koskee, sen syyt ja kuvaus, sekä muut eri osastojen tarvitsemat tiedot asiasta (liite 22). Tässä työssä oli välttämätöntä ja tärkeää tehdä suunnitelluista johtimista rakennetiedotteet. Rakennetiedotteita tässä työssä tehtiin kaksi kappaletta ja rakennetiedotteet oli jaettu virta- ja maajohtimiin. Opinnäytetyön aikana huomattiin uusi kehityskohde, mitä aloitettiin toteuttamaan ja tästäkin tullaan tekemään rakennetiedote.

Ilman rakennetiedotetta olisi vaarana, että suunniteltu rakennemuutos ei päätyisi rakennesuunnittelulle, jonka takia hankinta ei osaisi ostaa oikeaa tavaraa. Tällöin suunniteltu rakennemuutos ei päätyisi tuotantoon asti toteutettavaksi. Mikäli tuotanto ja muut osastot eivät saisi tiedotteita, saattaisi muutoksista aiheutua sekaannusta, mikä hidastaisi tuotantoa. On tärkeää, että rakennetta tarkkaillaan jatkuvasti ja muutoksista ilmoitetaan kaikille. Tuotannon tehokkuuden ja virheen välttämisen kannalta on linja-auton rakenteen oltava tiedossa ja jatkuvan seurannan alla.

7 Tulokset

Työn tavoitteena oli toteuttaa Volvo 9700 DD:n uudet virta- ja maajohtimien dokumentaatiot, sekä ratkaista virta- ja maajohtimiin liittyvät kustannus- ja asennuskohtaiset ongelmat. Alkuperäisessä aiheessa toimeksiantajalle oli tarkoitus teettää opinnäytetyössä uusi ajoneuvon maadoitusratkaisu, mutta alkuperäiseen aiheeseen tarvittua teoriaa ei voitu julkaista verkossa niiden osoittauttua salaisiksi. Kuitenkin siitä huolimatta opinnäytetyön alkuperäinen aihe toteutetaan toimeksiantajalle kokonaisuudessaan, mutta tämän työn ulkopuolella irrallisena projektina, hyödyntäen tässä työssä tuotettuja johtimia.

Työn tuloksina toimeksiantajalle onnistuttiin tuottamaan tarvittavat dokumentaatiot, kehittämään asennettavuutta ja kustannustehokkuutta sekä saamaan mahdollisimman hyvä yhteensopivuus eri mallivariaatioihin ja järkevä rakenneratkaisu. Kokonaisuudessaan tulokset olivat positiiviset ja onnistuneet. Työ oli merkittävä, koska sen ansiosta johtimien tuotannossa toimeksiantaja säästää kustannuksissa ja työajassa. Työn aikana huomattiin kehityskohde, jota aloitettiin toteuttamaan toimeksiantajalla. Kehityskohteeksi löytyi keulassa sijaitsevien virranjakorasioiden asennustapa. Virranjakorasioiden asennusta saatiin yksinkertaistettua ja nopeutettua. Tällä nopeutetaan työtä ja vähennetään kustannuksia.

Tämän työn tulokset näkyvät välittömästi toimeksiantajalla, muun muassa kustannuksien laskuna ja työtuntien vapautumisena. Työ toteutettiin laadukkaasti työskennellessä toimeksiantajan alaisuudessa tuotannossa ja suunnittelussa samanaikaisesti.

7.1 Johtimien alihankinta

Työssä keskeistä oli saada johtimien valmistus mahdollisimman kustannustehokkaaksi. Työtä tehdessä voitiin nopeasti arvioida ilman suurempaa vertailua, että alihankintana tuotetut johtimet ovat edullisempi ratkaisu, kuin omavalmiste johtimet. Johtimien tuottaminen alihankintana vapauttaa tuotannosta kriittistä työtilaa sekä työntekijöitä tärkeisiin tuotannon vaiheisiin, mikä lisää tuotannon tehokkuutta. Merkitys tilan vapautumiselle on suuri, koska toimeksiantajan tilat tuotannossa on rajalliset ja laajan osaamisen omaavia työntekijöitä on tärkeämpää saada kriittisiin tuotannon vaiheisiin ennemmin kuin yksinkertaiseen johtimen vetotyöskentelyyn. Alihankinnasta tilattaviin johtimiin asennetaan kaapelikengät ja suojaputket, mikä nopeuttaa työskentelyä tuotannossa, koska johtimien asentamisesta poistuu työvaiheena suojaputkien ja kaapelikenkien asentaminen. Tämä antaa asentajille mahdollisuuden asentaa johtimet mahdollisimman nopeasti ja työaika säästyy.

Alihankintana teetettävillä johtimilla esiintyy sivuvaikutuksena se, että työntekijöiden ei tarvitse tehdä fyysisesti raskasta ja epäergonomista johtimien tuottamista. Toimeksiantajan tiloja ei oltu suunniteltu johtimien mahdollisimman tehokasta ja turvallista tuottamista varten. Alihankinnalla vältetään työntekijöiden keskuudessa erilaisilta työkykyä heikentäviltä vaivoilta, mikä tietenkin on toimeksiantajalle tärkeä asia.

7.2 Asennettavuus

Johtimia suunniteltaessa toimeksiantajan ja asentajien toivomus ja tavoite oli asennettavuuden helpottaminen. Tuotannossa asennettavuus on keskeinen tekijä, mikä vaikuttaa tuotannon nopeuteen. Johtimien ollessa mahdollisimman yksinkertaiset ja helpot asentaa mahdollistetaan työntekijöille se, että työtä voi tehdä tehokkaammin ja laadukkaammin. Aikaisemmin kappaleessa 5.4 mainittiin, että liitoksien on oltava kestäviä ja luotettavia, jotta voidaan taata johtimien ja linja-auton toimivuus. Alihankintana teetetyissä uusissa johtimissa on hyvät kosketin pinnat, laadukkaat ja hyvin puristetut kaapelikengät, minkä avulla taataan luotettavuus ja nopea asennus.

7.3 Dokumentaatio ja nimikkeet

Toimeksiantaja tahtoi johtimista selkeät dokumentaatiot ja nimikkeet, joilla voidaan toteuttaa edellisessä kappaleessa käsitelty alihankinta johtimille. Piirustuksien ja nimikkeiden onnistuminen oli ehto projektille, koska ilman hyvin toteutettuja piirustuksia ja nimikkeitä ei johtimia olisi saatu toteutettua toimeksiantajan tavoitteiden mukaisiksi.

Piirustuksien kanssa oli oltava tarkka, vaikka piirustukset eivät olleet monimutkaisia. Piirustuksien sisältämät nimikenumerot, kaapelikengät, pituudet, väri ja suojausputket oli oltava oikeat. Mikäli piirustuksissa olisi virhe, tulisi alihankinnasta johtimia, joita ei pahimmassa tapauksessa voitaisi hyödyntää linja-autossa ilman muutoksia. Piirustukset onnistuivat tässä työssä, koska ennen projektia käytettyjä johtimia oli mahdollista tarkastella fyysisesti.

8 Pohdinta

Tehty opinnäytetyö oli onnistunut projekti ja työssä noudatettiin Jyväskylän ammattikorkeakoulun opinnäytetyön eettisiä periaatteita ja hyvää tieteellistä käytäntöä. Työssä keskeinen eettinen osa-alue oli suunnitella johtimista kaikkien säännöksiin mukainen, jotta toimeksiantajan valmistama Volvo 9700 DD olisi laillinen ja mahdollisimman turvallinen. Toimeksiantajan liikesalaisuudet pidettiin salassa ja tietoperustassa käytetty materiaali on merkitty vaatimusten mukaisilla tavoilla. Työn teoria perustuu useampaan kuin yhteen lähteeseen, minkä perusteella työn luotettavuus kasvaa. Vaikka alussa oli vaikeuksia löytää materiaalia, lopulta lähteitä ja kirjoja onnistuttiin löytämään tarvittava määrä luotettavaan teoriapohjaan. Materiaalia kerättyä työntekijöille kerrottiin mihin

materiaalia kerättiin ja työntekijöiden nimiä ei julkaistu, ellei työntekijä itse halunnut nimeään julki.

Työn tuloksia tarkasteltaessa voidaan huomata tärkeimpien tavoitteiden saavutus. Huomioitavaa on myös se, että työn aikana löydettiin kehittämiskohde, mitä aloitettiin toteuttamaan toimeksiantajalla. Tuloksista voidaan huomata myös, että suunnittelu ja dokumentaatiotyöstä tärkeämpi ja vaikeampi osuus oli dokumentaatiotyö. Syy siihen on, että nimikkeiden sisältämät dokumentaatiot täytyvät olla sen tasoisia, että alihankkija ymmärtää mitä toimeksiantaja tilaa teetettäviin johtimiin. Dokumentaation ollessa epäselvää tilausprosessi viivästyy selvitystyön takia.

Työn toteutus oli toimeksiantajalla työskentelyn takia helppoa, koska tietoa asioista sai nopeasti ja mutkattomasti, mikä oli projektin kannalta erittäin tärkeä asia. Projektin toteuttaminen olisi ollut paljon vaikeampaa, mikäli valmistuvia linja-autoja ei olisi päässyt tarkastelemaan. Tehty työ vaati paljon perehtymistä ajoneuvojen sähkötekniikan perusteisiin, sekä aiheena olleen 9700 DD malliin tutustumista. On merkittävää työn luotettavuuden kannalta, että työtä tehdessä on työskennellyt toimeksiantajan alaisuudessa. Toimeksiantajalla työskentelyn lisäksi työn luotettavuutta paransi ammattitaitoisten kollegoiden konsultointimahdollisuus ongelma- tai epäselvyytilanteissa.

Keskeistä työssä oli saada opinnäytetyön kieli mahdollisimman laadukkaaksi ja helposti ymmärrettäväksi, jotta jokaisella lukijalla on mahdollisuus ymmärtää työn sisältö. Työtä tehdessä ajatuksena oli saada toimeksiantajalle opinnäytetyö, jota voidaan hyödyntää toimeksiantajalla esimerkiksi uusien työntekijöiden perehdytyksessä. Yhteenveto opinnäytetyöstä on, että se onnistui laadukkaasti aikataulussa ja tulokset olivat positiiviset toimeksiantajalle.

Lähteet

Carrus Delta. N.d. Historiikki. Kotisivut. Viitattu 7.5.2024. <https://www.carrusdelta.fi/fi/yritys/historia/historiikki/>

Carrus Delta. N.d. Korinrakennusta jo vuodesta 1935. Kotisivut. Viitattu 7.5.2024. <https://www.carrusdelta.fi/>

Carrus Delta. N.d. Tuotteet. Kotisivut. Viitattu 7.5.2024. <https://www.carrusdelta.fi/fi/tuotteet/>

Carrus Delta. N.d. Volvo 9700 DD. Kotisivut. Viitattu 23.5.2024. <https://www.carrusdelta.fi/fi/tuotteet/volvo-9700-dd/>

E-sääntö nro 107. 2015.Kansainvälisillä sopimuksilla perustettujen elinten antamat säädökset. Säännön muutossarjan 06.Euroopan unionin virallinen lehti. Viitattu 28.5.2024.[https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:42015X0618\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:42015X0618(01))

E-sääntö nro 118. 2020.Kansainvälisillä sopimuksilla perustettujen elinten antamat säädökset. Muutossarjan 03 täydennys 1.Euroopan unionin virallinen lehti. Viitattu 28.5.2024. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:42020X0241&qid=1716890601264>

Koivisto, J., Mikkolainen, P. & Rantala, J.2012. Autotekniikka 5. Autosähkötekniikan perusteet. 1.painos. Helsinki: Otava. 2012.

Koutuaniemi, J. 2024. Homologointi-insinööri. Carrus Delta Oy. Haastattelu 28.5.2024

Larsson, S. 2006. Autosähkö. Oppikirja. Ensimmäinen painos. Iisalmi: IS-VET OY. 2006

locktronics. 2020. Autojen sähkö. Kurssimateriaali. Suomentyökalu kotisivuilta. Viitattu 12.7.2024. <https://www.suomentyokalu.fi/app/uploads/2022/03/lk2240-fin.pdf>

ROIMA. N.d. Asiakastarina Carrus Delta. Kotisivut. Viitattu 28.6.2024. <https://www.roimaint.com/fi/product/lean-system-insights/customer-case--carrus-delta>

ROIMA. N.d. Lean System. Kotisivut. Viitattu 28.6.2024. <https://www.roimaint.com/fi/product/offering-by-product-lean-system/lean-system--erp-system>

Sähkö- ja automaatiotekniikka (AMK). N.d. Vuonna 2021 päivätöteutuksen aloittaneiden opetus-suunnitelman kuvaus Jyväskylän ammattikorkeakoulun sivuilla. Viitattu 17.6.2024. <https://opetus-suunnitelmat.peppi.jamk.fi/48/fi/60/5288>

Toikko, T. & Rantanen, T. 2009. Tutkimuksellinen kehittämistoiminta. Tampere: Tampereen yliopistopaino oy. Viitattu 3.5.2024. https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/100802/Toikko_Rantanen_Tutkimuksellinen_kehittamistoiminta.pdf?sequence=1&isAllowed=y

TSP. N.d. Ajoneuvojohtimet. Kotisivujen tuotteet osio. Viitattu 11.7.2024. <https://www.tsp.fi/fi/tuotteet/43126457/ajoneuvojohtimet?a=5433sf>

Tuottavuus syntyy tiedonhallinnasta. N.d. Vertex Systems kotisivut. Viitattu 9.5.2024. <https://vertex.fi/ed/>

Vertex Systems. N.d. 46 vuoden kokemuksella – 18 000 käyttäjää 147 maassa. Kotisivut. Viitattu 9.5.2024. <https://vertex.fi/yritys/>

Vertex Systems. N.d. Johdinsarjasuunnittelu ja -valmistus. Vertex Systems kotisivut. Viitattu 9.5.2024. <https://kbfi.vertex.fi/ed/johdinsarjasuunnittelu-ja-valmistus>

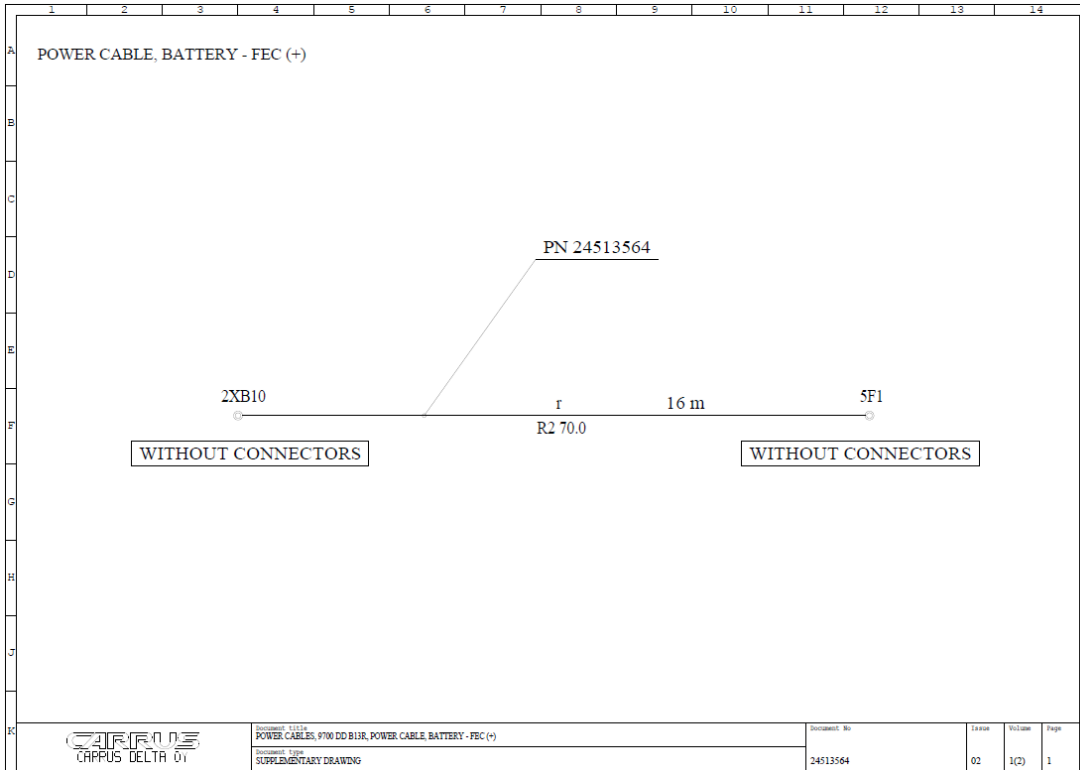
Volvo. 2022. Volvo 9700 DD 4.0 m. Kotisivut. Viitattu 7.5.2024. <https://www.volvobuses.com/content/dam/volvo-buses/markets/finland/coaches/volvo-9700-dd/specifications/Data-sheet-9700-DD-4.0-Euro-6-FI-2022.pdf>

Volvo. 2022. Volvo 9700 DD 4.25 m. Kotisivut. Viitattu 7.5.2024. <https://www.volvobuses.com/content/dam/volvo-buses/markets/master/data-sheets/volvo-9700dd/Data-sheet-9700-DD-4.25-Euro-6-EN-2022.pdf>

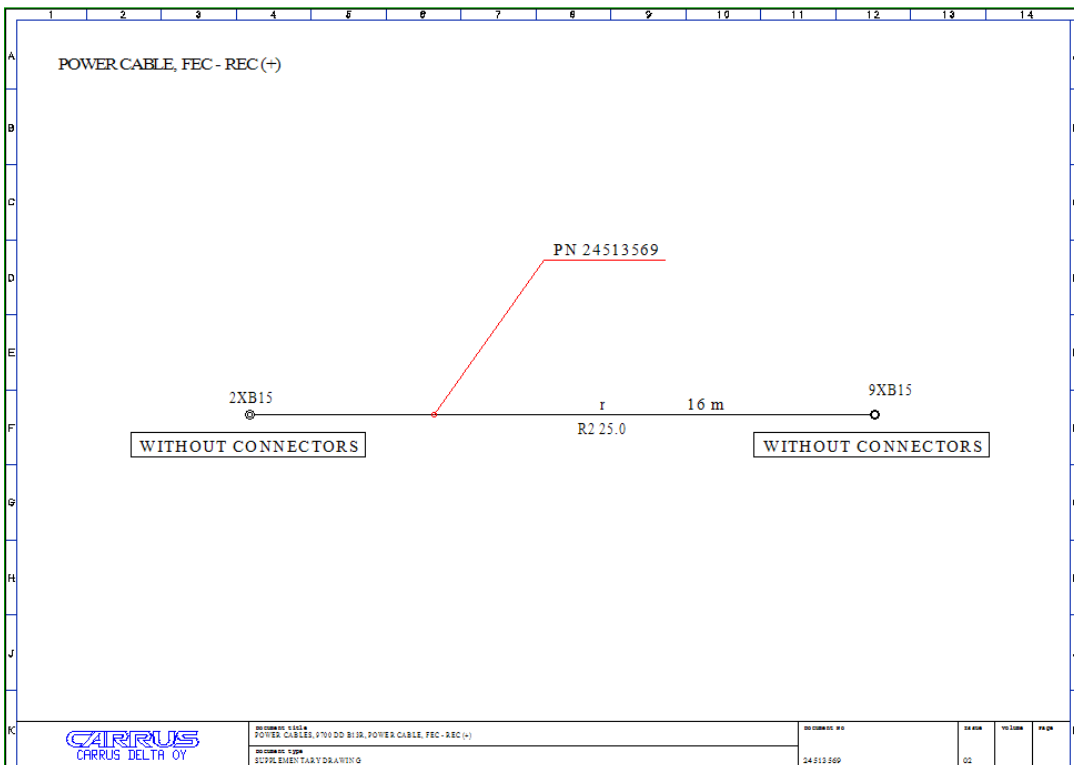
Volvo. 2024. Volvo 9700 DD:n erittely. Kotisivu. Viitattu 7.5.2024. <https://www.volvobuses.com/fi/coaches/coaches/volvo-9700-dd/specifications.html>

Liitteet

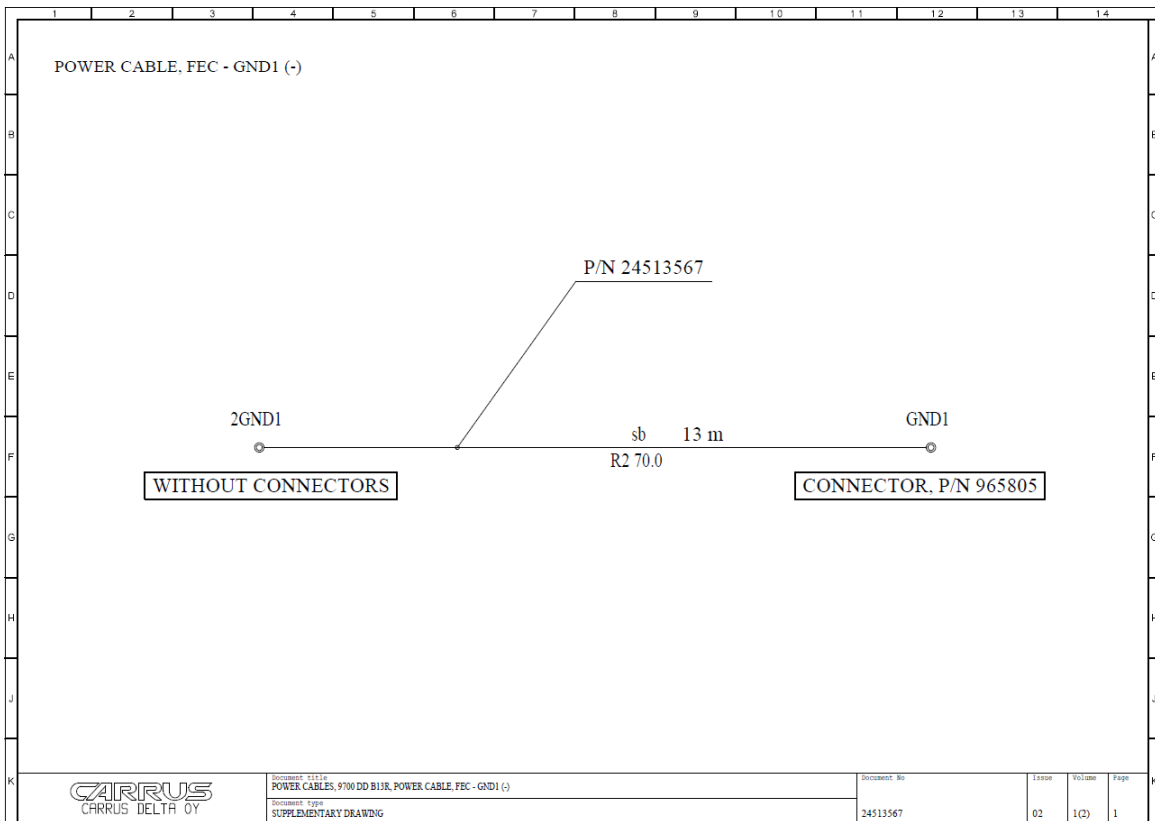
Liite 1. 24513564



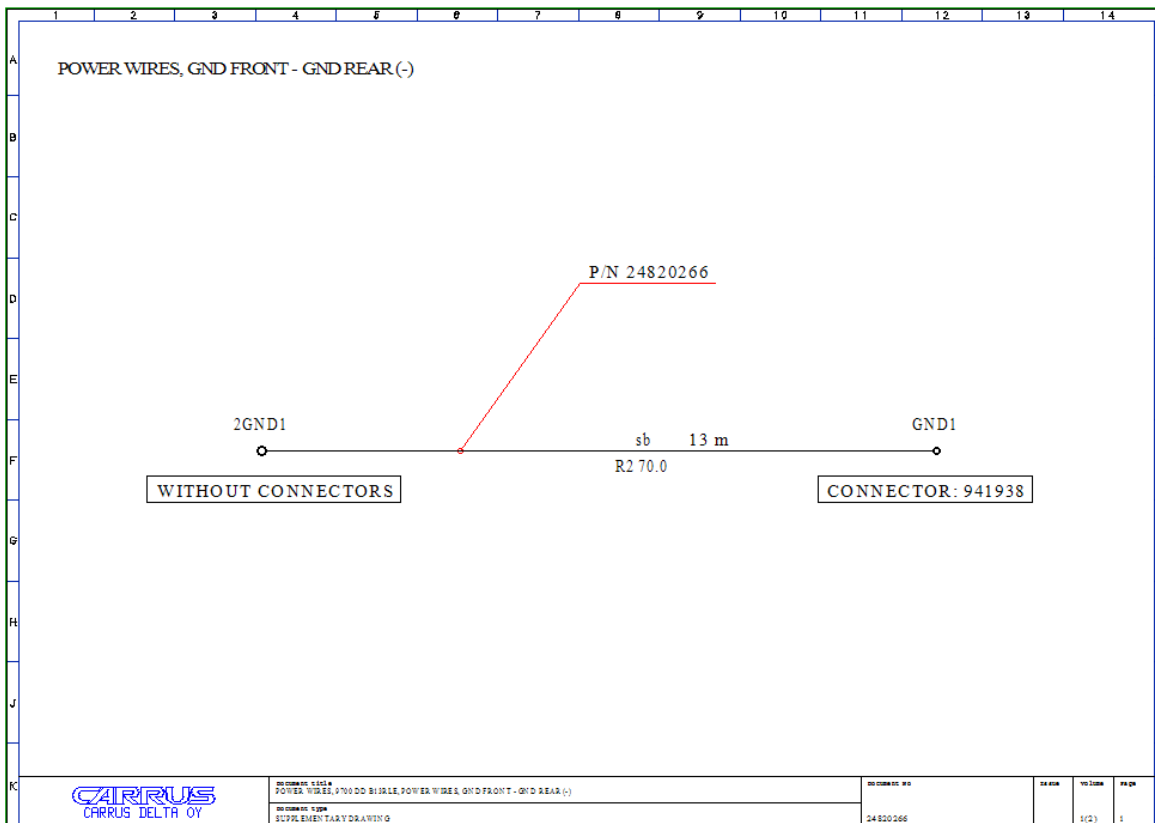
Liite 2. 24513569



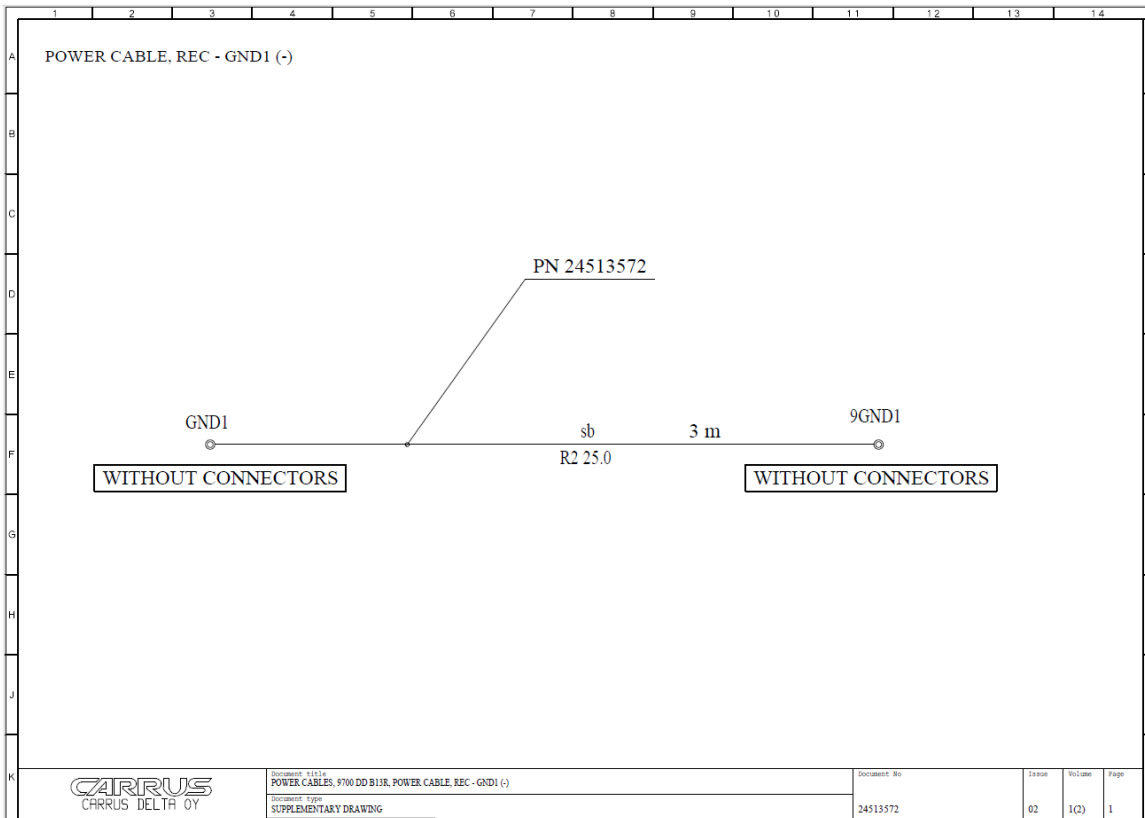
Liite 3. 24513567



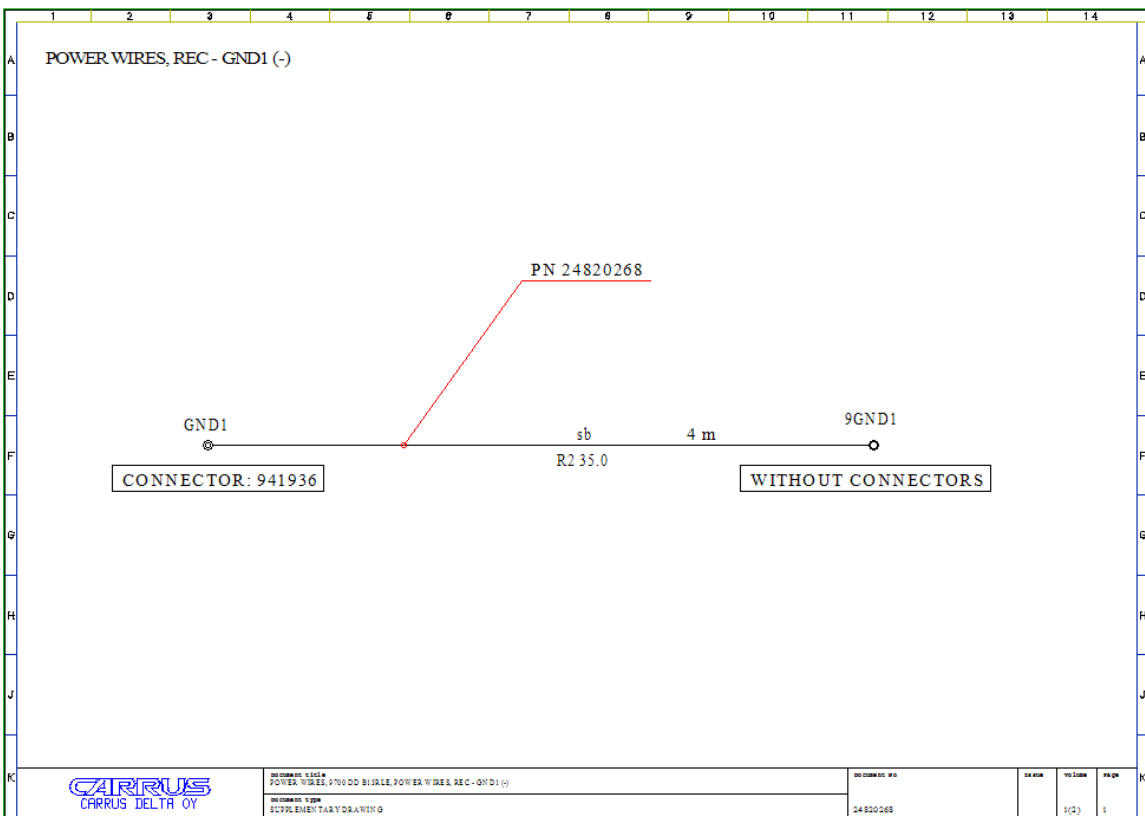
Liite 4. 24820266



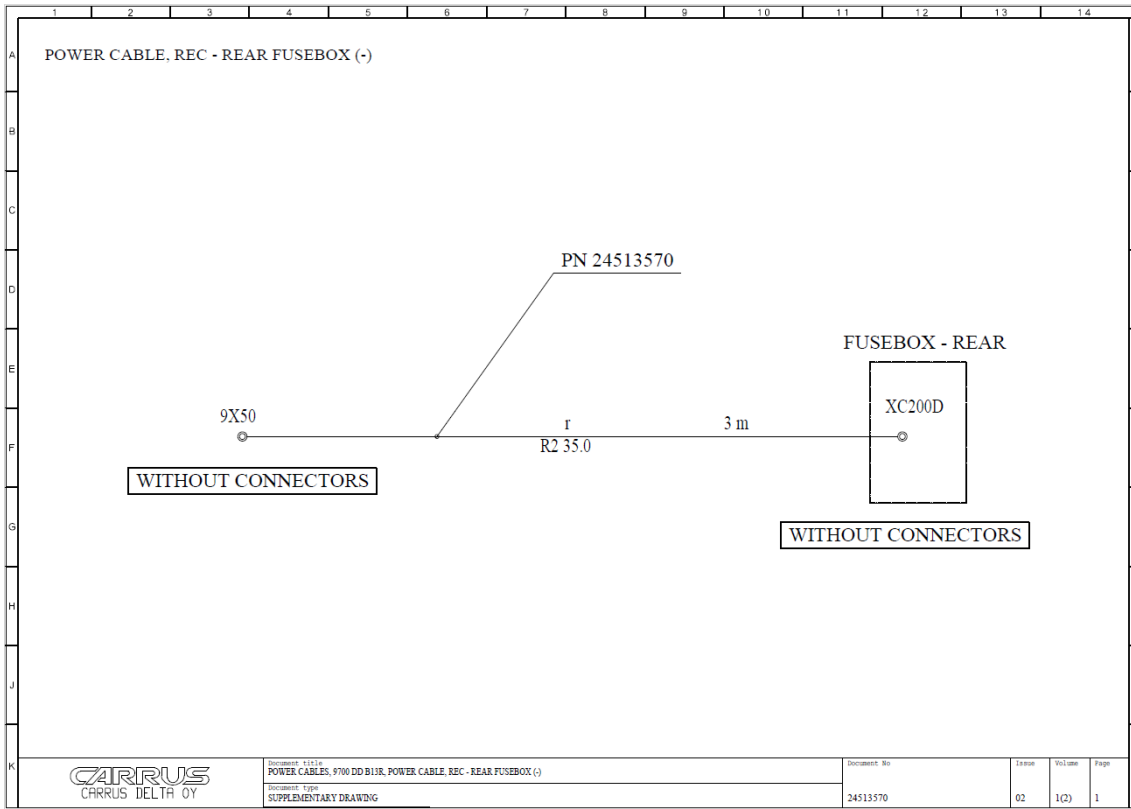
Lite 5. 24513572



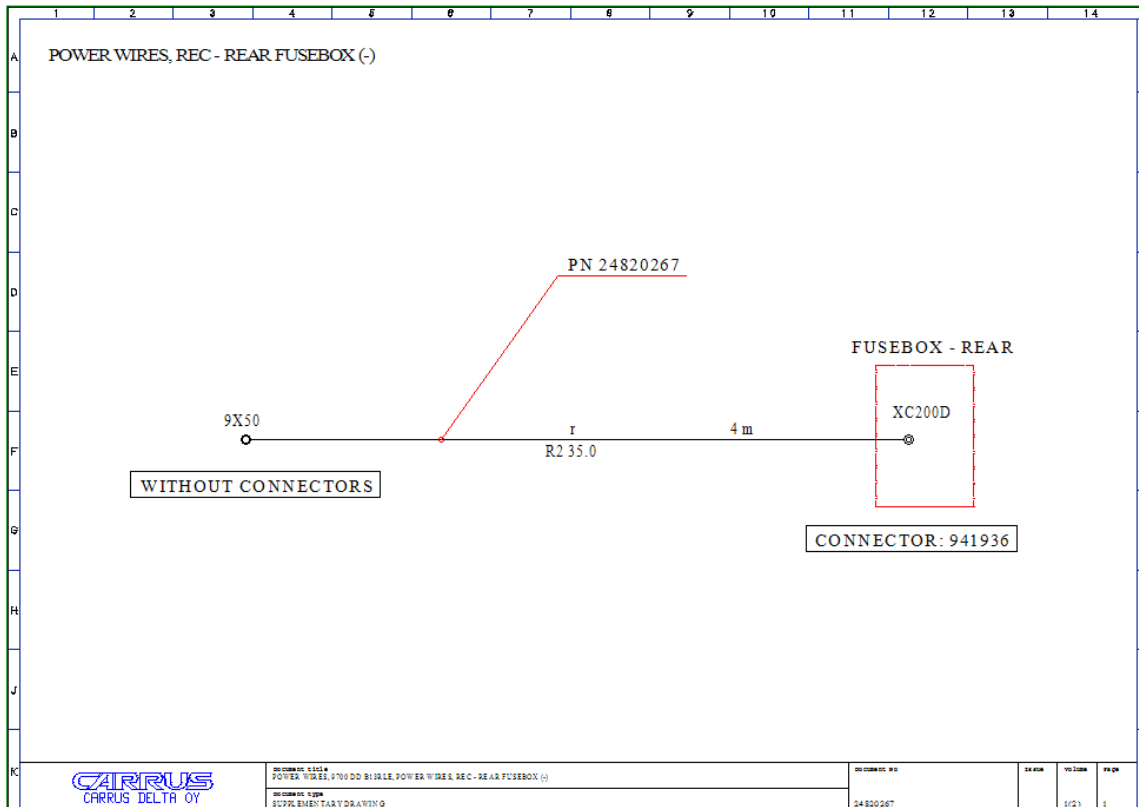
Lite 6. 24820268



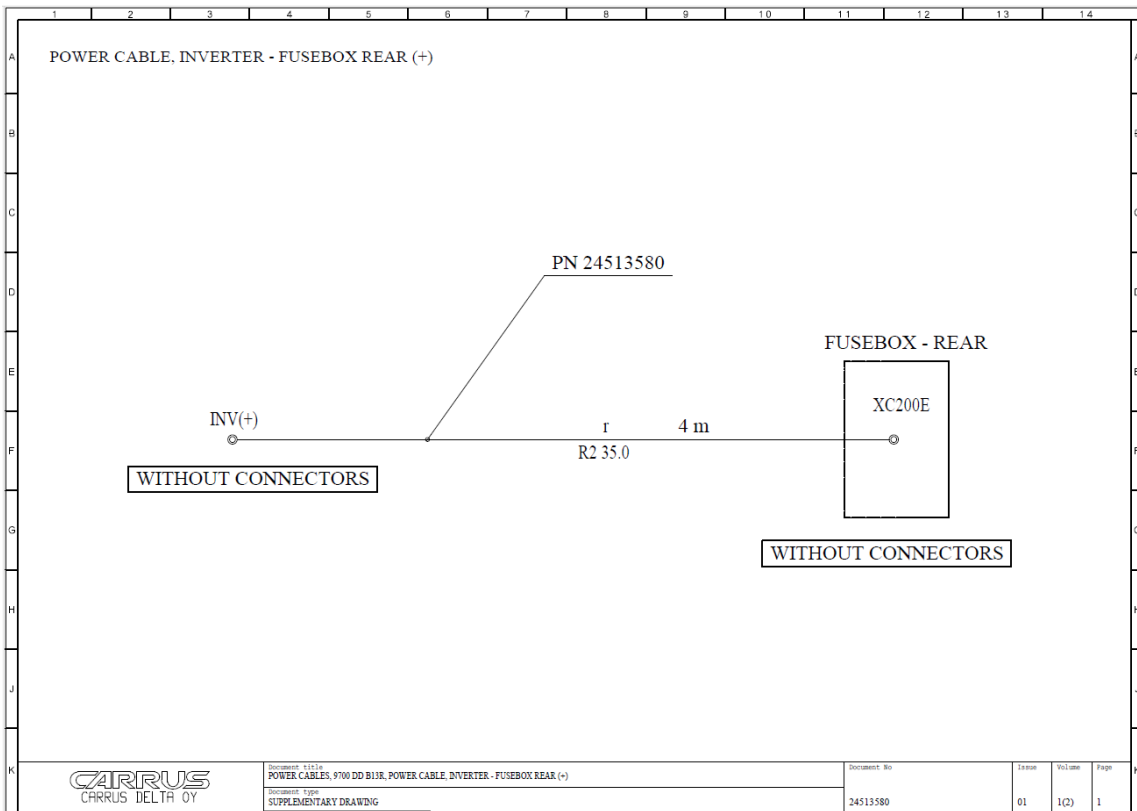
Lite 7. 24513570



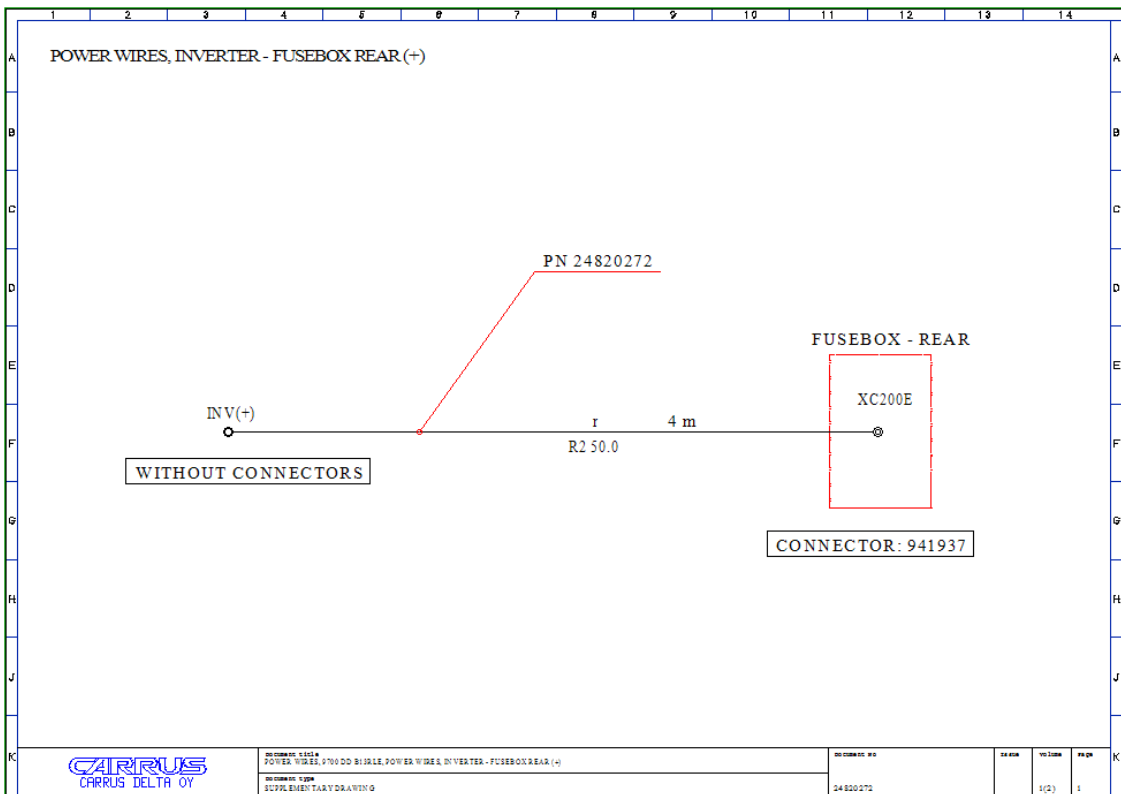
Lite 8. 24820267



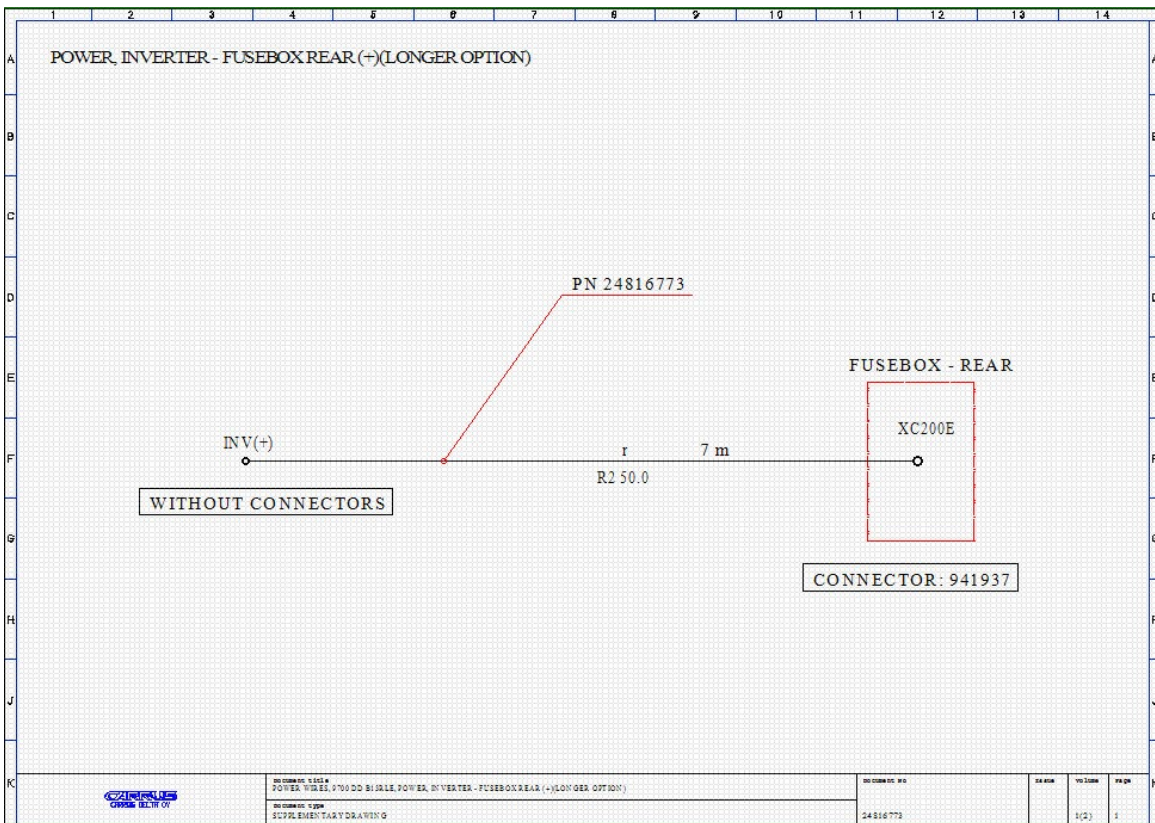
Lite 9. 24513580



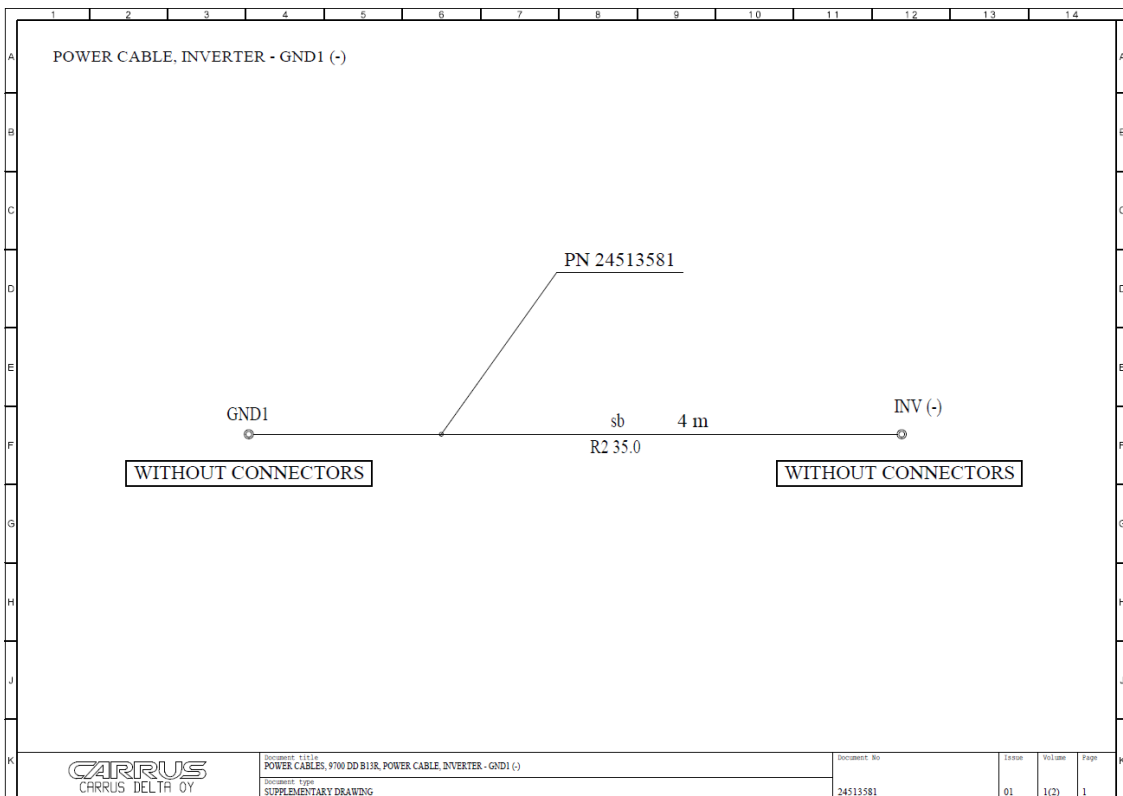
Lite 10. 2482072



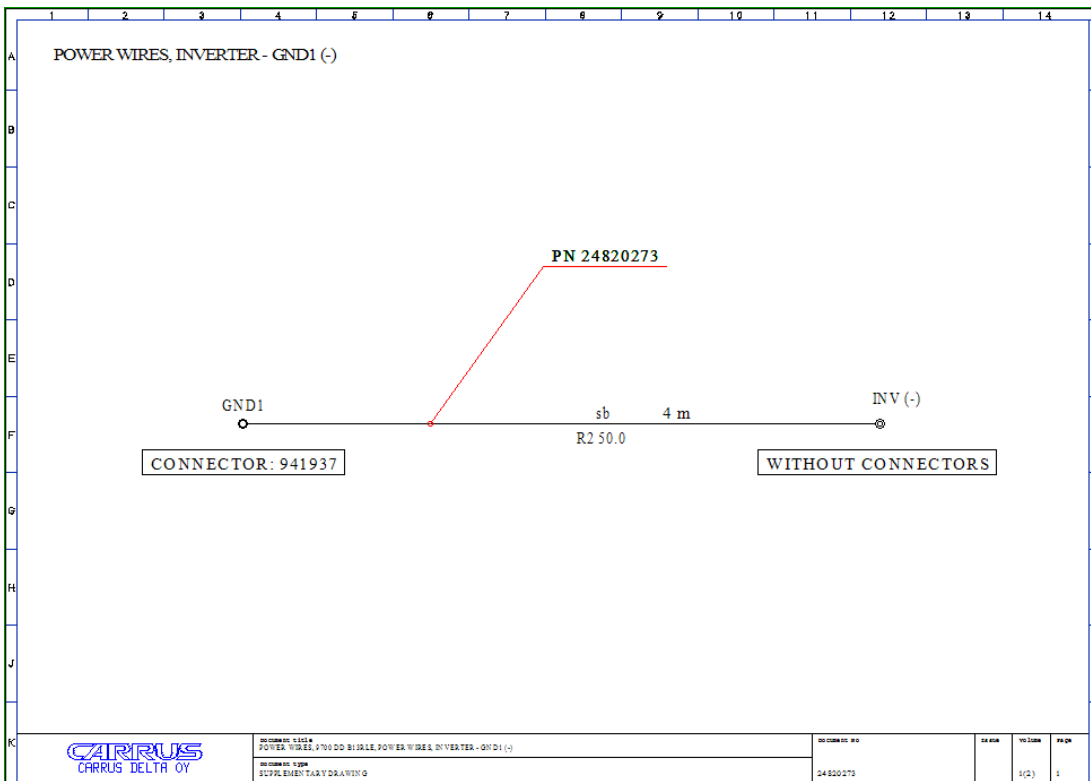
Liite 11. 24816773



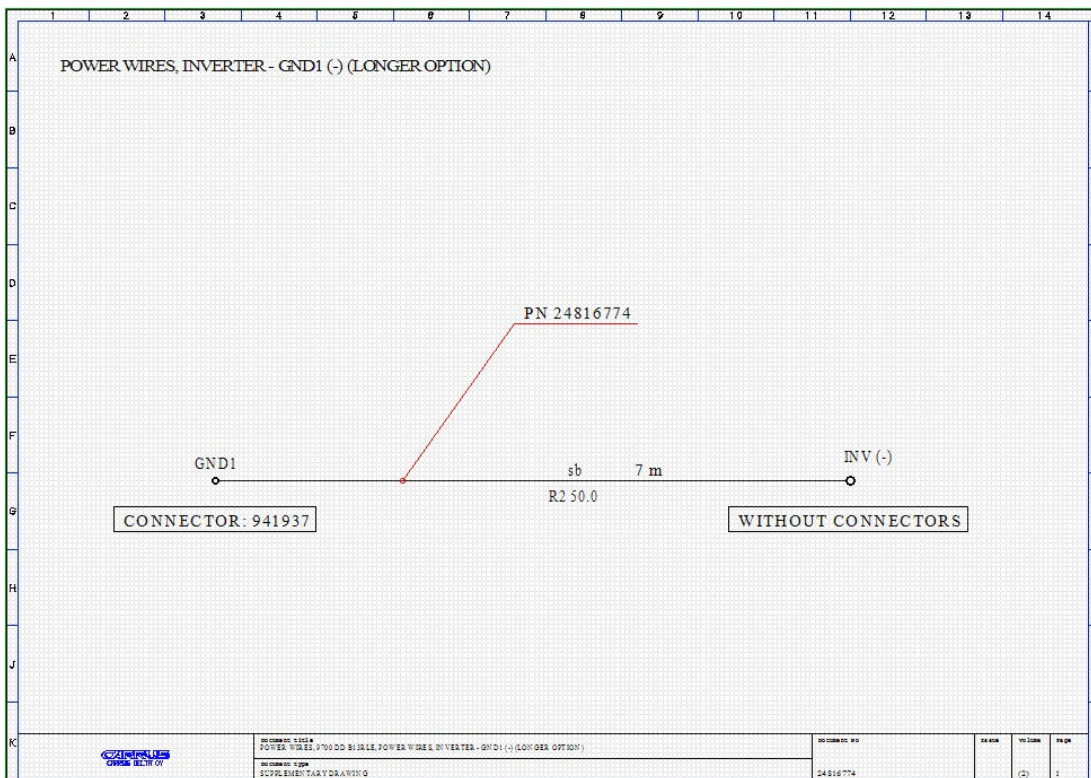
Liite 12. 24513581



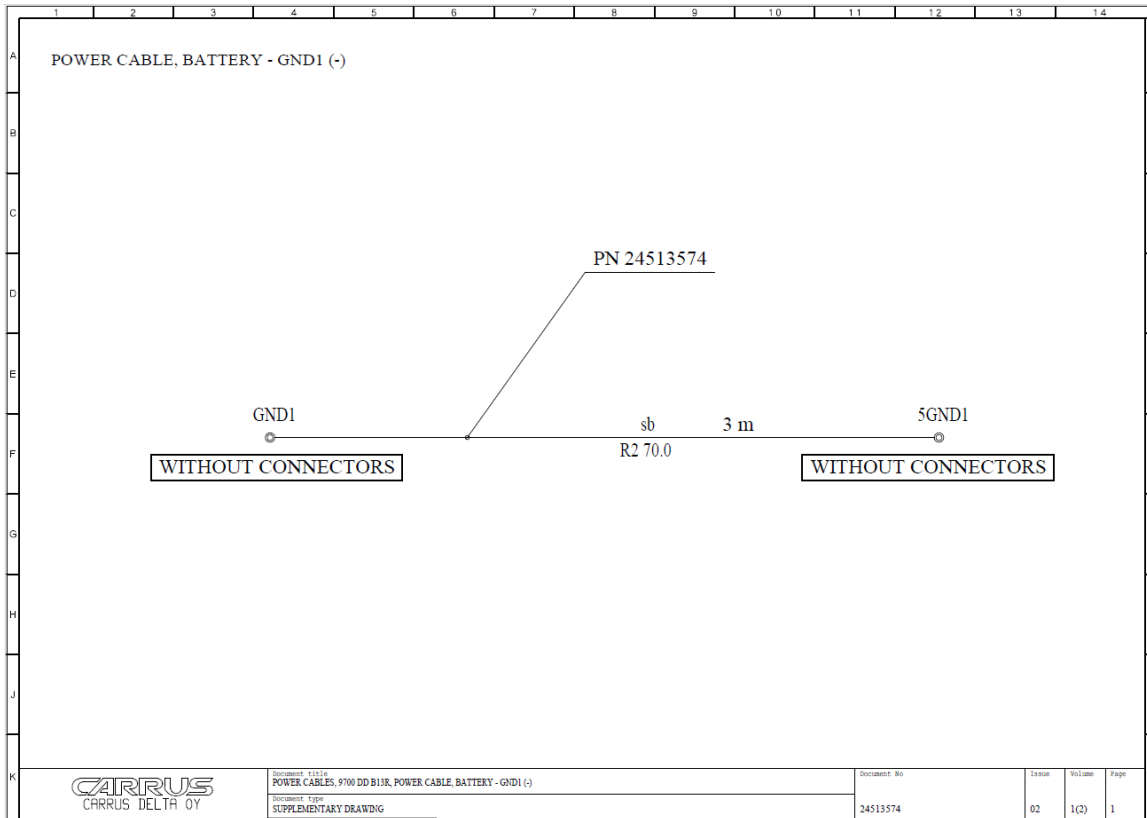
Lite 13. 24820273



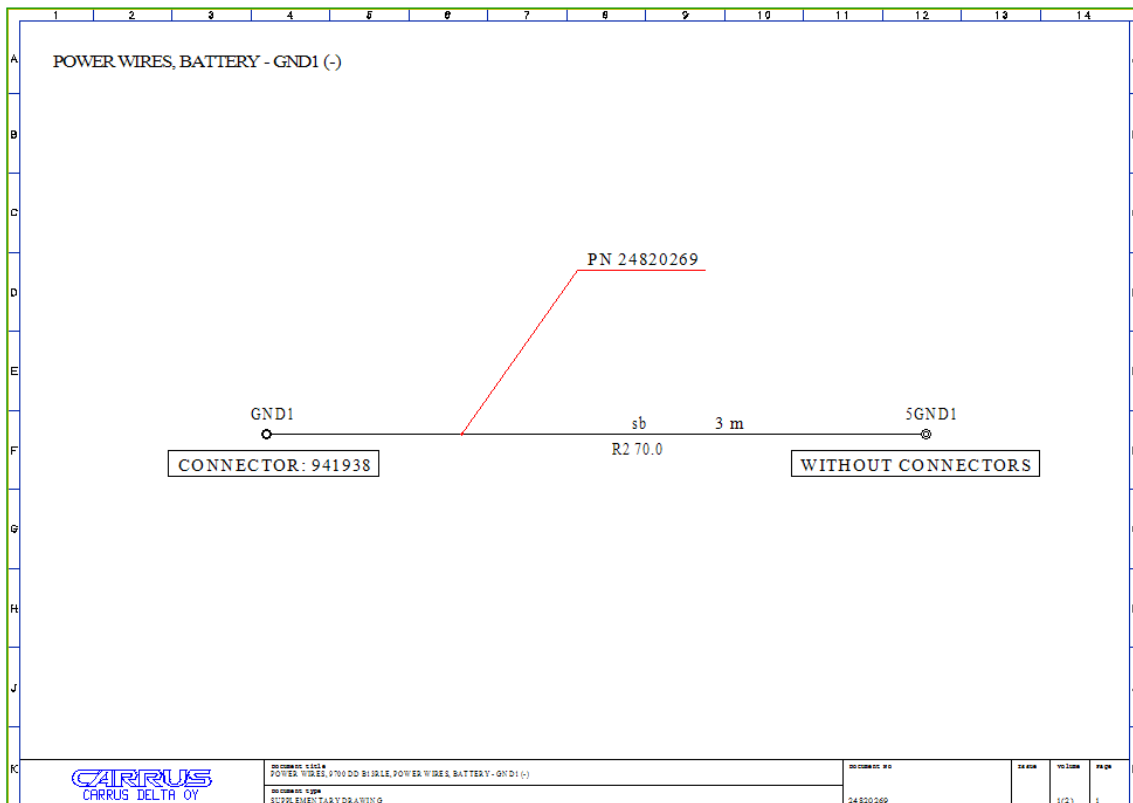
Lite 14. 24816774



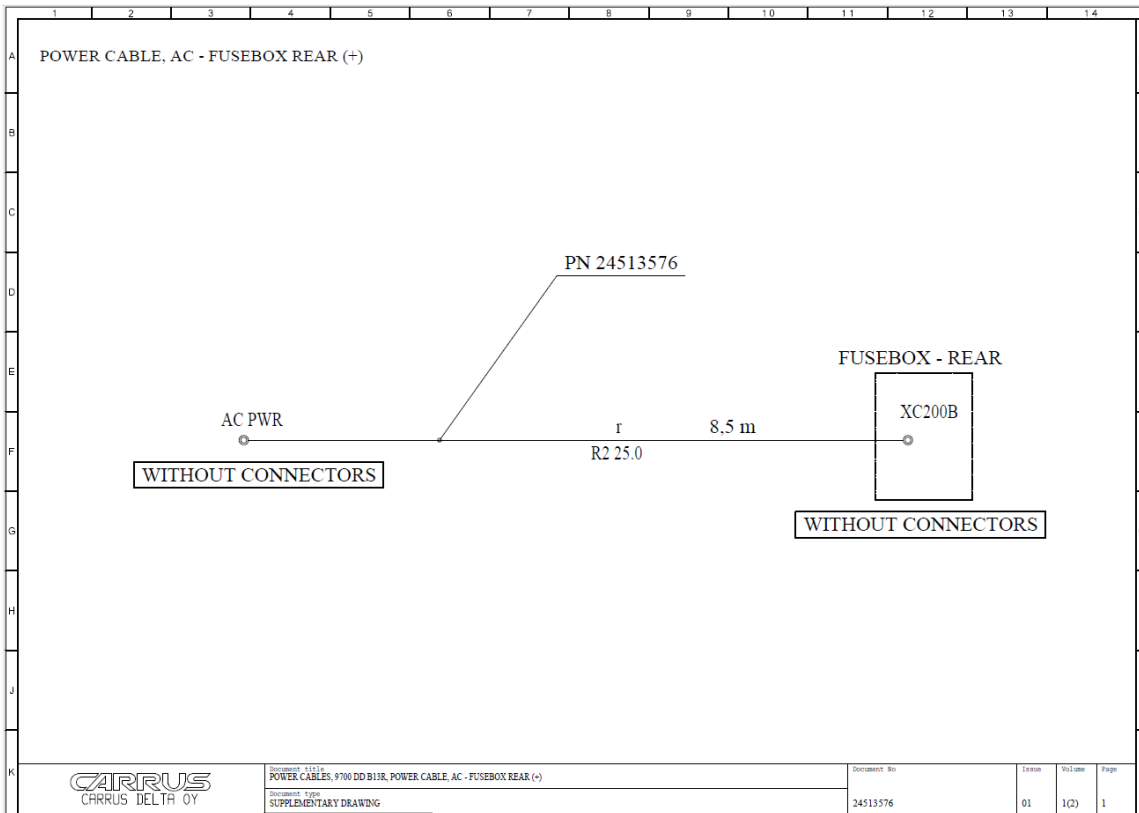
Lite 15. 24513574



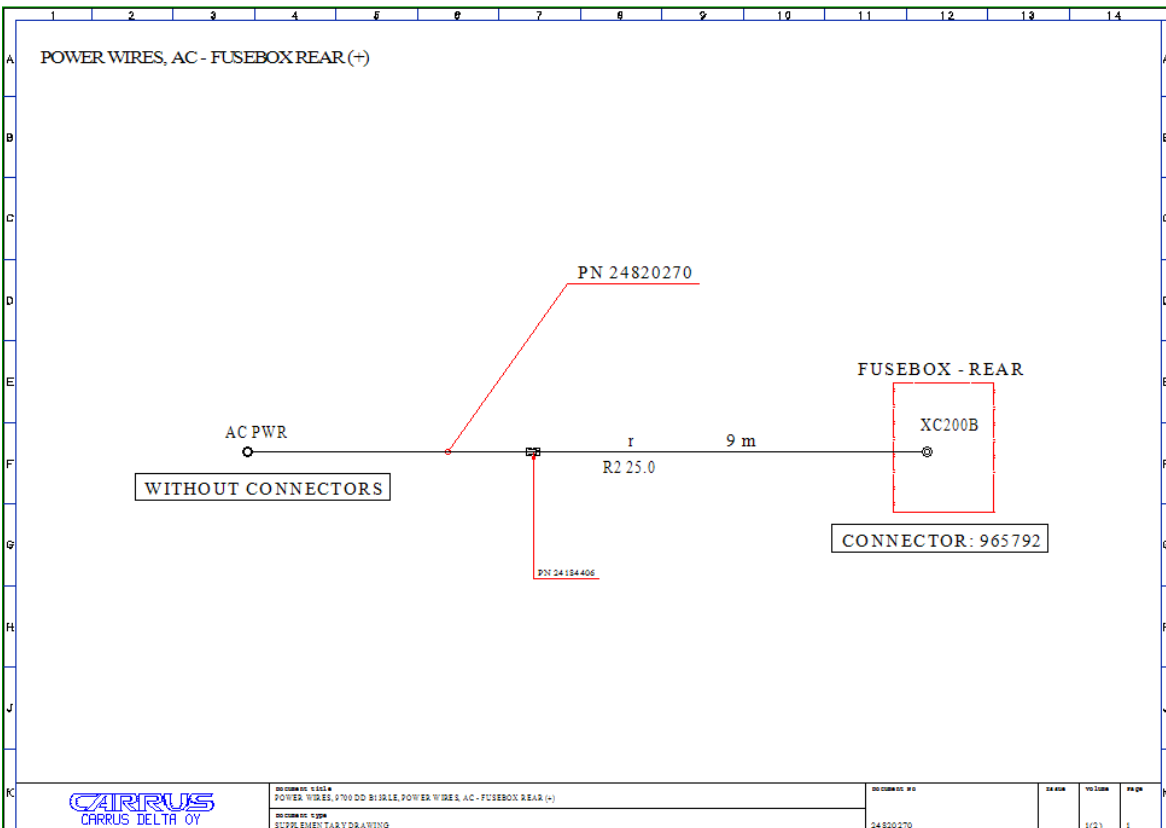
Lite 16.24820269



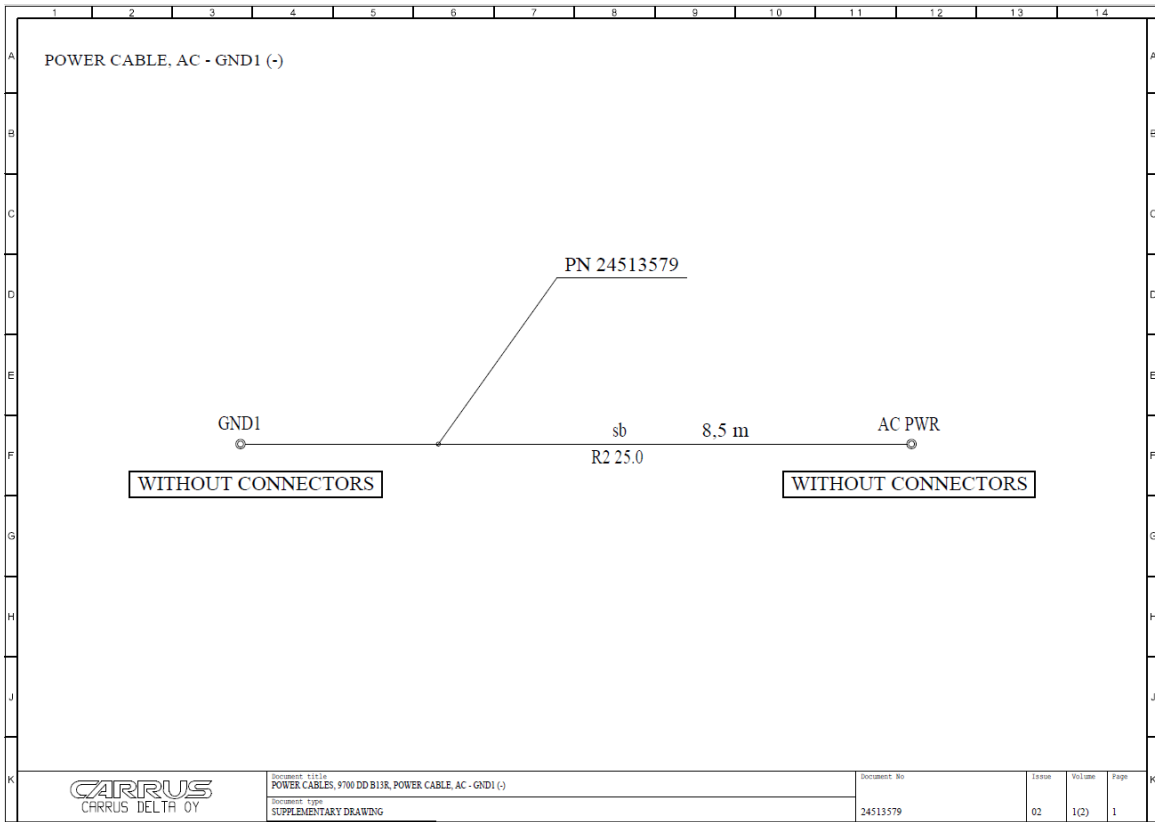
Lite 17. 24513576



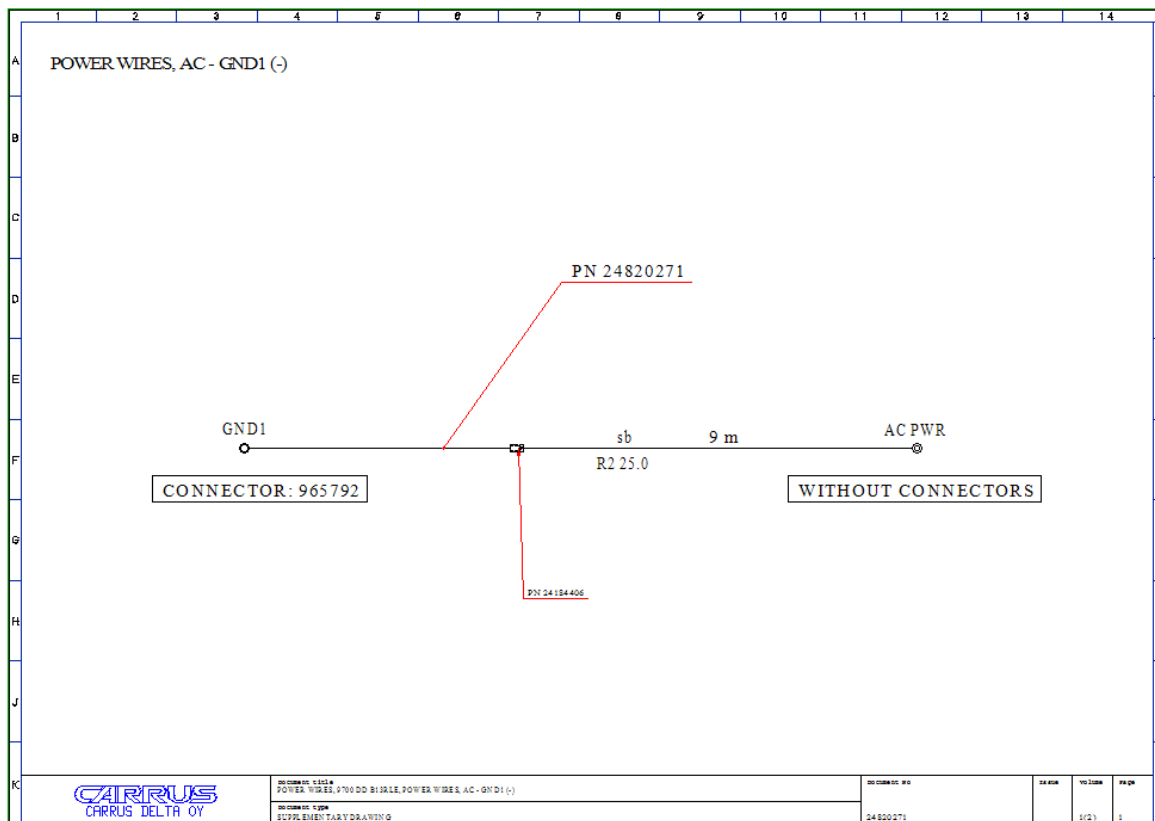
Lite 18. 24820270



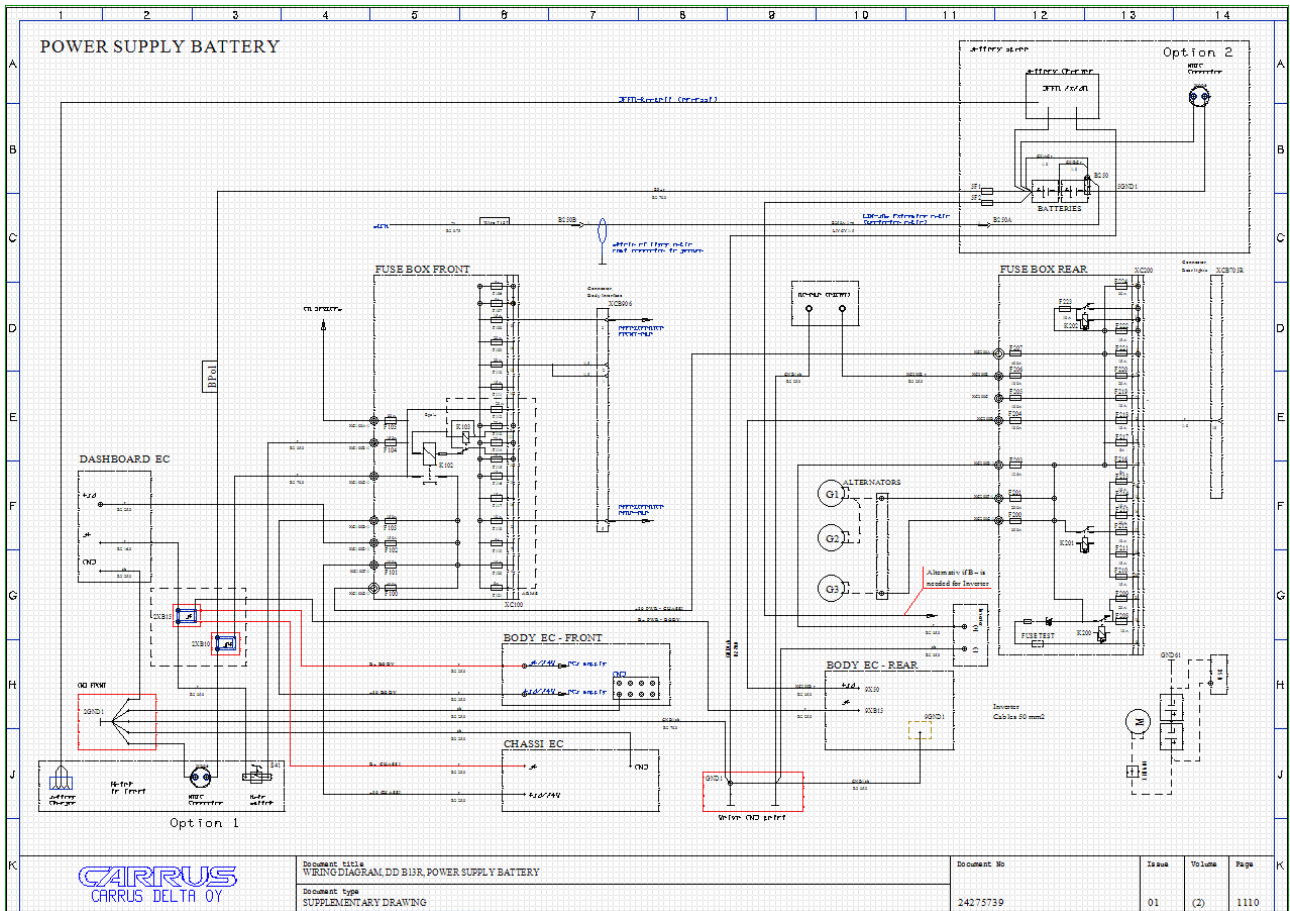
Lite 19. 24513579



Lite 20. 24820271



Lite 21. Power Supply Battery



Liite 22. Rakennetiedote



Rakennetiedote

Jakelu: Asiakasprojektit ja tuotehallinta, Hankinta, Tuotanto, Laatu, Varasto, Jälkimarkkinointi

Rakennetiedote: xx/2023

Julkaisupäivämäärä: 10.10.2023

Mallivaikutus			
<input type="checkbox"/>	9700 S	<input type="checkbox"/>	9700 DD 4.0
<input type="checkbox"/>	9700 H	<input type="checkbox"/>	9700 DD 4.25
<input type="checkbox"/>	9700 HD	<input type="checkbox"/>	

Alustavaikutus	
<input type="checkbox"/>	B8R
<input type="checkbox"/>	B13R
<input type="checkbox"/>	B13RLE

Muutoksen kohde

Muutoksen kuvaus ja syy

+ / -	Osanumero	Osan kuvaus (Lean)	Määrä	Jälkimarkkinat

(+) = Uusi osa, (-) = Poistuva osa

Vaikutus jälkimarkkinoihin	
1	Uusi osa vaihtokelpoinen vanhan varaosan kanssa
2	Uusi osa ei vaihtokelpoinen vanhan varaosan kanssa
3	Ei vaikutusta

Muutostyyppi	
<input type="checkbox"/>	Välitön muutos (vanhat osat romutetaan)
<input type="checkbox"/>	Vanhat osat käytetään loppuun asti
<input type="checkbox"/>	Dokumenttimuutos
<input type="checkbox"/>	Sisäinen muutos

Muutosaika ja/tai työnumero	
DCN-numero / Laatupalaute	

Allekirjoitukset

Suunnittelija

Harri Varjonen

Asiakkuus- ja tuotejohtaja